

# Proyecto Fin de Grado

## Ingeniería Civil

### Estudio Técnico de firmes de carreteras

Autor: Manuel Díaz Luque

Tutor: Blas González González

**Dpto. de Construcciones Arquitectónicas I**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2019



Departamento de  
**Construcciones**  
**Arquitectónicas 1**



Proyecto Fin de Grado  
Grado en Ingeniería Civil

# **Estudio Técnico de firmas de carreteras**

Autor:  
Manuel Díaz Luque

Tutor:  
Blas González González  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Dpto. de Construcciones Arquitectónicas I  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2019



Proyecto Fin de Grado: Estudio Técnico de firmes de carreteras

Autor: Manuel Díaz Luque

Tutor: Blas González González

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal



# Agradecimientos

---

Tras varios años cursando el Grado en Ingeniería Civil, la carrera se ve desde otra perspectiva. El presente trabajo no solo me ha demostrado que el trabajo de un ingeniero no es solo solucionar problemas, sino que también requiere de mucho tiempo de análisis de de investigación para poder obtener conclusiones, ecuaciones, etcétera. Además, dicha investigación tiene una gran utilidad práctica en el ámbito profesional debido al gran peso teórico que conlleva.

He de agradecer la ayuda prestada por parte de Blas, tutor y compañero en esta experiencia del ámbito de la investigación de firmes de carreteras. También a todas las personas que han contribuido directa o indirectamente a la realización de este trabajo.

*Manuel Díaz Luque*

*Sevilla, 2019*





# Resumen

---

El presente estudio consiste en un análisis de algunas de las secciones mediante el uso de tres herramientas informáticas, dos basadas en la teoría multicapa y otra en el método de los elementos finitos. Con esto se pretende comprobar si secciones del catálogo de la norma 6.1 de la Instrucción de Carreteras tienen una suficiente seguridad desde el punto de vista resistente, así como realizar una comparativa entre los resultados que cada programa empleado propone.

Además de este análisis tenso-deformacional, se ha procedido a comprobar los criterios de fallo propios de cada sección estudiada. Para ello, se ha procedido con las leyes de fatiga de los materiales que diversos autores proponen en sus estudios.



# Índice

|   |           |
|---|-----------|
| Agradecimientos .....   | vii       |
| Resumen .....   | ix        |
| Índice .....  | xi        |
| Índice de Tablas .....  | xiii      |
| Índice de Figuras .....   | xiv       |
| <b>1 Introducción .....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 Objeto del trabajo.....   | 1         |
| 1.2 Precedente de TFG de la US .....                                      | 1         |
| <b>2 Metodología empleada .....</b>                                       | <b>3</b>  |
| <b>3 Estructuras de firmes .....</b>                                      | <b>5</b>  |
| <b>4 Análisis Estructural .....</b>                                       | <b>7</b>  |
| 4.1 Dimensionamiento del firme.....                                       | 7         |
| 4.1.1 Herramientas de dimensionamiento analítico empleadas .....          | 8         |
| 4.1.1.1 ICAFIR.....   | 8         |
| 4.1.1.2 KENPAVE.....  | 11        |
| 4.1.1.3 ANSYS.....  | 12        |
| 4.2 Estudio de secciones .....  | 13        |
| 4.3 Estudio de la sección 121 sobre suelo tolerable .....                 | 15        |
| 4.3.1 Modelo para análisis con ICAFIR.....                                | 18        |
| 4.3.2 Modelo de análisis para KENPAVE .....                               | 24        |
| 4.3.3 Modelo para el análisis con MEF (ANSYS) .....                       | 26        |
| 4.3.4 Análisis comparado de los resultados de la sección 121 .....        | 33        |
| 4.3.4.1 Análisis en tensiones verticales .....                            | 34        |
| 4.3.4.2 Análisis en tensiones radiales .....                              | 35        |
| 4.3.4.3 Análisis en deformaciones verticales .....                        | 39        |
| 4.3.4.4 Análisis en deformaciones radiales .....                          | 44        |
| 4.3.5 Cálculo de la fatiga.....   | 48        |
| 4.3.5.1 Criterio de fallo de la capa de firme .....                       | 48        |
| 4.3.5.2 Criterio de fallo del cimiento del firme .....                    | 50        |
| 4.4 Estudio de la sección 3121 sobre suelo marginal .....                 | 53        |
| 4.4.1 Análisis comparado de los resultados de la sección 3121.....        | 56        |
| 4.4.1.1 Análisis en tensiones verticales .....                            | 56        |
| 4.4.1.2 Análisis en tensiones radiales .....                              | 57        |
| 4.4.1.3 Análisis en deformaciones verticales .....                        | 60        |
| 4.4.1.4 Análisis en deformaciones radiales .....                          | 63        |
| 4.4.2 Cálculo de la fatiga.....   | 65        |
| 4.4.2.1 Criterio de fallo de las capas para la estructura del firme ..... | 65        |
| 4.4.2.2 Criterio de fallo del cimiento del firme .....                    | 67        |
| <b>5 Conclusiones .....</b>   | <b>69</b> |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 5.1      | <i>Sobre la modelización de la estructura del firme y del cimiento.....</i> | 69        |
| 5.2      | <i>Sobre los resultados .....</i>   | 69        |
| <b>6</b> | <b>Nuevas líneas de trabajo.....</b>  | <b>71</b> |
| <b>7</b> | <b>Referencias Bibliográficas .....</b>                                     | <b>73</b> |
| <b>8</b> | <b>Anejos.....</b>  | <b>75</b> |
| 8.1      | <i>Anejo A- Modelos utilizados en mecánica de firmes .....</i>              | 75        |
| 8.1.1    | Modelo de Boussinesq (1883).....  | 75        |
| 8.1.2    | Modelo bicapa: Westergaard.....   | 76        |
| 8.1.3    | Modelo multicapa: Burmister .....   | 77        |
| 8.2      | <i>Anejo B- Cálculo del tráfico equivalente de proyecto .....</i>           | 79        |
| 8.2.1    | IMD <sub>PA</sub> .....   | 79        |
| 8.2.2    | CE.....   | 79        |
| 8.2.3    | F .....   | 80        |
| 8.2.4    | $\gamma_t$ .....  | 80        |
| 8.2.5    | Cálculo del tráfico equivalente.....  | 81        |
| 8.3      | <i>Anejo C – Resultados y gráficos de la sección 121 .....</i>              | 83        |
| 8.3.1    | Gráficos del análisis tenso-deformacional de la sección 121.....            | 83        |
| 8.3.2    | Resultados de ICAFIR para la sección 121 .....                              | 88        |
| 8.3.3    | Resultados de KENPAVE para la sección 121 .....                             | 91        |
| 8.3.4    | Resultados de ANSYS para la sección 121 .....                               | 132       |
| 8.3.4.1  | Código del modelo ANSYS185.....   | 132       |
| 8.3.4.2  | Código del modelo ANSYS186.....   | 134       |
| 8.4      | <i>Anejo 4 – Resultados y gráficos de la sección 3121 .....</i>             | 138       |
| 8.4.1    | Gráficos del análisis tenso-deformacional de la sección 3121.....           | 138       |
| 8.4.2    | Resultados de ICAFIR para la sección 3121 .....                             | 143       |
| 8.4.3    | Resultados de KENPAVE para la sección 3121 .....                            | 146       |
| 8.4.4    | Código de ANSYS para la sección 3121.....                                   | 166       |

# ÍNDICE DE TABLAS

---

|   |    |
|---|----|
| Tabla 4-1. Tabla resumen de los tipos de deterioro junto con los criterios de fallo según los apuntes de clase de la asignatura de Construcciones Civiles | 7  |
| Tabla 4-2. Tabla 5.13 de la norma andaluza. Leyes de fatiga para mezclas bituminosas en caliente  | 9  |
| Tabla 4-3. Tabla 5.14 de la norma andaluza. Leyes de fatiga para materiales tratados con cemento  | 10 |
| Tabla 4-4. Espesor de las distintas capas, junto con los materiales que las forman y sus características  | 16 |
| Tabla 4-5. Tabla 4.6 de la norma andaluza. Valor máximo del módulo de elasticidad de suelos y materiales granulares                                       | 20 |
| Tabla 4-6. Coordenadas z de los puntos bajo rasante utilizados en KENPAVE   | 25 |
| Tabla 4-7. Resultados del criterio de fallo del firme utilizando las leyes de fatiga propuestas por la norma andaluza                                     | 48 |
| Tabla 4-8. Número de ejes que producen el fallo según las leyes de comportamiento propuestas por diferentes autores. Resultados en MEE13T.                | 50 |
| Tabla 4-9. Coeficientes de seguridad con respecto a los resultados de ANSYS186  | 50 |
| Tabla 4-10. Coeficiente de seguridad según el criterio de fallo de la explanada   | 52 |
| Tabla 4-11. Espesor de las distintas capas de la sección 3121, junto con los materiales que las forman y sus características                              | 54 |
| Tabla 4-12. Coeficientes de seguridad obtenidos según el criterio de fallo del firme por cada modelo de cálculo   | 66 |
| Tabla 4-13. Coeficientes de seguridad obtenidos por cada modelo   | 68 |
| Tabla 8-1. Tabla 3.1 de la Instrucción para el diseño de firmes de la Red de Carreteras de Andalucía  | 79 |
| Tabla 8-2. Tabla 3.2 de la Instrucción para el diseño de firmes de la Red de Carreteras de Andalucía  | 80 |
| Tabla 8-3. Tabla 3.3 de la Instrucción para el diseño de firmes de la Red de Carreteras de Andalucía  | 80 |
| Tabla 8-4. Tabla 3.5 de la Instrucción para el diseño de firmes de la Red de Carreteras de Andalucía  | 80 |
| Tabla 8-5. Tráfico de pesados de proyecto que se ha supuesto para cada categoría  | 81 |

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

|   |    |
|---|----|
| Figura 4-1. Ley del criterio de fallo de la explanada que utiliza ICAFIR  | 9  |
| Figura 4-2. Leyes de fatiga utilizadas por la norma andaluza para mezclas bituminosas en caliente   | 10 |
| Figura 4-3. Leyes de fatiga utilizadas por la norma andaluza para materiales tratados con cemento   | 11 |
| Figura 4-4. Catálogos utilizados por la norma 6.1 I.C (Explanada y Secciones de Firme)  | 14 |
| Figura 4-5. Figura 2.1 de la norma 6.1. Elección de la sección 121.   | 15 |
| Figura 4-6. Figura 1 de la norma 6.1. Elección de la explanada de la sección a estudiar   | 15 |
| Figura 4-7. Esquema de la sección de estudio  | 16 |
| Figura 4-8. Figura 3 de la norma 6.1 I.C. Zonas térmicas estivales  | 17 |
| Figura 4-9. Figura 4 de la norma 6.1 I.C. Zona pluviométricas   | 17 |
| Figura 4-10. Figura 3.1 que ofrece el programa ICAFIR para elegir la zona térmica   | 18 |
| Figura 4-11. Figura 3.2 que ofrece el programa ICAFIR para elegir la zona pluviométrica   | 19 |
| Figura 4-12. Datos de entrada de las solicitudes de cálculo mediante el programa ICAFIR   | 19 |
| Figura 4-13. Entrada y salida de datos del cimiento del firme mediante el programa ICAFIR   | 20 |
| Figura 4-14. Esquema de la sección a estudiar mediante el modelo tricapa de ICAFIR  | 21 |
| Figura 4-15. Comprobación del criterio de rotura por fatiga con el programa de ICAFIR   | 22 |
| Figura 4-16. Gráfica de tensión vertical- profundidad comparativa entre los distintos casos de carga que propone ICAFIR                             | 22 |
| Figura 4-17. Gráfica de tensión radial- profundidad comparativa entre los distintos casos de carga que propone ICAFIR                               | 23 |
| Figura 4-18. Gráfica de deformación vertical- profundidad comparativa entre los distintos casos de carga que propone ICAFIR                         | 23 |
| Figura 4-19. Gráfica de deformación radial- profundidad comparativa entre los distintos casos de carga que propone ICAFIR                           | 24 |
| Figura 4-20. Puntos de cálculo de la sección para KENPAVE   | 25 |
| Figura 4-21. Figura resumen que el programa KENPAVE facilita  | 26 |
| Figura 4-22. Coordenadas de los puntos en el plano de contacto rueda-firme de los puntos de cálculo   | 26 |
| Figura 4-23. Gráfico que demuestra que la modelización con el elemento SOLID186 es más precisa en la zona de aplicación de la carga que el SOLID185 | 27 |
| Figura 4-24. Modelo multicapa realizado con ANSYS   | 28 |
| Figura 4-25. Esquema de datos utilizados para la rueda gemela según ICAFIR  | 29 |
| Figura 4-26. Esquema del modelo del firme utilizado   | 30 |
| Figura 4-27. Tensión de Von Mises obtenidas con el modelo utilizado con ANSYS.  | 31 |
| Figura 4-28. Tensión vertical obtenida mediante el modelo utilizado con ANSYS   | 31 |
| Figura 4-29. Tensión radial obtenida con el modelo utilizado con ANSYS  | 32 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 4-30. Deformación vertical obtenida con el modelo utilizado con ANSYS  | 32 |
| Figura 4-31. Deformación radial obtenida con el modelo utilizado con ANSYS  | 33 |
| Figura 4-32. Comparación entre los cuatro cálculos en tensiones verticales  | 34 |
| Figura 4-33. Comparación entre los cuatro cálculos en tensiones radiales  | 35 |
| Figura 4-34. Análisis en el punto de contacto del neumático con el firme en tensiones radiales  | 35 |
| Figura 4-35. Discontinuidad de tensiones radiales en los límites de capas   | 36 |
| Figura 4-36. Resultados nodales de ANSYS, en contraposición de las rectas creadas por KENPAVE   | 37 |
| Figura 4-37. Zona en la que las zahorras sufren tracciones  | 38 |
| Figura 4-38. Comparación entre los cuatro modelos en deformaciones verticales   | 39 |
| Figura 4-39. Análisis en el punto de contacto del neumático con el firme en deformaciones verticales  | 39 |
| Figura 4-40. Gráfica donde se observa la no discontinuidad de los desplazamientos verticales frente a la profundidad  | 40 |
| Figura 4-41. Ejemplo de discontinuidad de deformaciones verticales en los límites de capas  | 41 |
| Figura 4-42. Rectas formadas debido al uso de resultados nodales con los cálculos de ANSYS  | 42 |
| Figura 4-43. Zonas donde KENPAVE REFINADO y ANSYS186 obtienen soluciones similares  | 42 |
| Figura 4-44. Análisis en la zona del terreno natural subyacente entre el modelo de KENPAVE REFINADO Y los dos modelos de ANSYS  | 43 |
| Figura 4-45. Comparación entre los tres modelos en deformaciones radiales   | 44 |
| Figura 4-46. Análisis en el punto de contacto del neumático con el firme en deformaciones radiales  | 44 |
| Figura 4-47. Ejemplos de continuidad de deformaciones radiales en los límites de capas  | 45 |
| Figura 4-48Círculo negro: diferencia entre ANSYS186-KENPAVE REF en el límite de las mezclas semidensas-zahorras; círculo rojo: los modelos vuelven a converger en el límite de las zahorras-suelo seleccionado. | 46 |
| Figura 4-49. Diferencia significativa entre los modelos de ANSYS y los de KENPAVE   | 46 |
| Figura 4-50. Zona en la que los modelos de KENPAVE y ANSYS se dispersan   | 47 |
| Figura 4-51. Leyes de fatiga empleadas  | 49 |
| Figura 4-52. Resultados y disposición de los elementos que rodean al nodo a estudiar  | 51 |
| Figura 4-53. Figura 2.1 de la norma 6.1 que especifica la sección del firme a utilizar en función de la categoría de tráfico utilizado y de la explanada con la solución utilizada para la sección 3121         | 53 |
| Figura 4-54. Figura 1 de la norma 6.1 que especifica la explanada a utilizar según la categoría de la explanada y el tipo de suelo del terreno subyacente con la solución utilizada para la sección 3121        | 54 |
| Figura 4-55. Esquema de la sección 3121   | 55 |
| Figura 4-56. Comparación entre los resultados de los tres programas en tensiones verticales para la sección 3121  | 56 |
| Figura 4-57. Comparación entre los resultados de los tres programas en tensiones radiales para la sección 3121  | 57 |
| Figura 4-58. Zona de contacto rueda-firme y zona límite entre las mezclas drenante-semidensa  | 57 |
| Figura 4-59. Discontinuidad de tensiones radiales en los límites de capas en la sección 3121  | 58 |
| Figura 4-60. Discontinuidad en tensiones radiales producida en la zona límite entre las dos tongadas de zahorra artificial  | 59 |
| Figura 4-61. Cambios de signo en los resultados obtenidos por ANSYS186 para la sección 312  | 59 |
| Figura 4-62. Comparación entre los resultados de los tres programas en deformaciones verticales para la sección 3121  | 60 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 4-63. Deformaciones verticales en la zona de contacto de la rueda con la sección 3121  | 60 |
| Figura 4-64. Resultados nodales adoptados en ANSYS186 para la sección 3121  | 61 |
| Figura 4-65. En negro: similitud de resultados entre KENPAVE e ICAFIR; en rojo: zona donde se dispersan los resultados KENPAVE-ICAFIR                                     | 61 |
| Figura 4-66. Convergencia ANSYS186-KENPAVE REFINADO en suelos seleccionados y adecuados y discrepancia de resultados en la zona de los suelos marginales                  | 62 |
| Figura 4-67. Comparación entre los resultados de los tres programas en deformaciones radiales para la sección 3121  | 63 |
| Figura 4-68. Soluciones en el punto de contacto del neumático con el firme de las deformaciones radiales para la sección 3121   | 63 |
| Figura 4-69. Límite entre la capa de mezcla semidensa y la capa de zahorra artificial, donde KENPAVE propone una solución ligeramente diferente a las de ICAFIR y KENPAVE | 64 |
| Figura 4-70. Zona de la capa de las zahorras artificiales de la sección 3121  | 64 |
| Figura 4-71. Deformaciones radiales obtenidas en la explanada de la sección 3121  | 65 |
| Figura 4-72. Localización y resultados del nodo con la máxima deformación a tracción  | 66 |
| Figura 4-73. Resultados y disposición de los elementos que rodean al nodo a estudiar  | 68 |
| Figura 8-1. Tensión vertical de respuesta producida según la teoría de Boussinesq. Imagen 3.1 de «Diseño racional de pavimentos»  | 75 |
| Figura 8-2. Respuesta del modelo de Westergaard. Imagen 3.4 de «Diseño racional de pavimentos»  | 76 |
| Figura 8-3. Modelo multicapa de Burmister. Imagen 3.5 de «Diseño racional de pavimentos»  | 78 |



# 1 INTRODUCCIÓN

---

El presente documento titulado «Estudio Técnico de firmes de carreteras» se enmarca dentro de la normativa referente al Trabajo Fin de Grado de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla (ETSI) para la obtención de los créditos ECTS de la asignatura Trabajo Fin de Grado, y así obtener el título de Ingeniero Civil por la Universidad de Sevilla. El departamento que ha propuesto el Trabajo Fin de Grado que se va a desarrollar ha sido el Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, siendo el tutor del presente trabajo D. Blas González González, Ingeniero de Caminos, Canales Puertos, profesor de dicho departamento.

## 1.1 Objeto del trabajo

En este trabajo se va a proceder a realizar una investigación sobre los firmes definidos en la norma 6.1 I.C.[1], de tal forma que se va a comprobar si las secciones que la propia norma propone cumplen con los criterios de resistencia y de durabilidad del firme.

El objeto de este estudio consiste en realizar un análisis tenso-deformacional de algunas de las secciones que la norma 6.1 I.C proponen para saber si la sección es capaz de soportar la carga estática de tráfico. Por otro lado, se realizará una comprobación del firme para saber si es capaz de resistir las sollicitaciones a fatiga producidas por una serie de cargas de tráfico.

Para poder realizar estos cálculos, se utilizarán tres herramientas de cálculo para determinar un análisis concluyente, dos de ellas basadas en la teoría multicapa y la otra basada en el método de los elementos finitos.

Las conclusiones obtenidas podrán definir nuevas líneas de trabajo, así como potenciar la investigación de firmes y contribuir a un mejor dimensionamiento de carreteras.

## 1.2 Precedente de TFG de la US

Para la realización de este apartado se van a explicar los trabajos precedentes que han sido realizados en la Universidad de Sevilla con el motivo de potenciar el conocimiento del cálculo de firmes.

En este caso, el presente estudio se ha realizado utilizando como base precedente otro Trabajo Final de Grado redactado por Javier Villanueva Mena-Bernal titulado «Estudio comparado de los métodos analíticos de dimensionamiento de firmes y su evolución»[2]. En dicho trabajo se ha procedido a explicar minuciosamente un gran listado de programas de cálculo de dimensionamiento de firmes de carreteras, dos de los cuales se han utilizado para este estudio, como son el caso de ICAFIR y de KENPAVE.

Por otro lado, y aunque no sea un TFG, se ha utilizado como base el documento realizado por el Dr. José Reinoso Cuevas [3] en el que realiza un análisis de las tensiones verticales utilizando las mismas tres herramientas de cálculo propuestas en este trabajo.



## 2 METODOLOGÍA EMPLEADA

---

Para la realización del presente trabajo se ha seguido una metodología adecuada a los fines perseguidos, que empezando por una revisión de los conceptos básicos de la mecánica de firmes estudiada en las clases de la asignatura de Construcciones Civiles de la mención del mismo nombre del Grado de Ingeniería Civil de la ETSI de la Universidad de Sevilla, ha permitido adentrarse en el conocimiento más intenso del comportamiento tenso-deformacional de los firmes.

Se procederá a analizar dos secciones del Catálogo de la Instrucción de Carreteras norma 6.1 I-C, a fin de realizar un estudio comparado del análisis estructural proveniente de la utilización de diferentes herramientas informáticas de cálculo que están basadas en dos grupos de ecuaciones que la mecánica de firmes establece que rigen el fenómeno.

Por un lado, el método analítico basado en modelos multicapa. Aquí se intentan establecer la comparativa de los resultados obtenidos entre dos herramientas informáticas sancionadas por la práctica como son el programa ICAFIR de la Instrucción para el diseño de firmes de la Red de Carreteras de Andalucía, dependiente de la Junta de Andalucía, y por otro el programa KENPAVE, que depende del Departamento de Transportes del Estado de Kentucky.

Por otra parte, se aplicará el método de elementos finitos al paquete del firme y cimiento, con estudio de diferentes elementos para ver su adecuación al comportamiento real.

Una vez obtenidos los resultados de los diferentes análisis estructurales, se llevará a cabo un estudio comparado de los mismos, a fin de extraer conclusiones sobre la convergencia o no de los resultados. Para realizar este apartado se utilizará el documento «Comprobación estructural de las secciones de firme de la Instrucción de Carreteras 6.1 Y 6.2 I.C.» [4].

Por último y a la vista de las conclusiones obtenidas se propondrán nuevas líneas de trabajo para futuros trabajos bien de fin de grado o de fin de máster, según el alcance y detalle que se pretendiese alcanzar.



# 3 ESTRUCTURAS DE FIRMES

---

El firme de toda carretera es un cúmulo de capas horizontales proyectadas sobre el terreno que tienen la finalidad de resistir los esfuerzos producidos debido a la carga de tráfico. Dichas capas son las siguientes:

- Capa de Rodadura. Es aquella capa sobre la que se desarrolla el tráfico. Junto con la capa subyacente (capa intermedia), forman lo que se denomina pavimento. En esta capa se busca absorber los esfuerzos debidos al tráfico y que los vehículos tengan una buena adherencia, además de seguridad y comodidad en la conducción.
- Capa Intermedia. Es una capa que puede o no existir. Su misión es colaborar en la absorción de esfuerzos y corregir las irregularidades de la capa base. Se utilizan como solución al elevado coste de los materiales que se utilizan en la capa de base, en la cual se necesitan grandes espesores.
- Capa de Base. Capa que se encuentra por debajo del pavimento. Tiene una misión resistente, aunque debe de aportar también cierta estabilidad volumétrica. Su rigidez depende del tráfico que soporta la carretera (es decir, depende del IMDp).
- Capa de Subbase. Se sitúa bajo la capa de base y su misión principal es la de colaborar en la resistencia de nuestra carretera, ya que es la superficie de transición entre el terreno y el firme, además de ayudar en el drenaje o evitar la contaminación de finos de la capa superior, entre otras funciones. En el caso de que el terreno sobre el que se sitúa nuestra estructura sea de una categoría alta, puede que no necesitemos de esta capa.

Debemos aclarar que nuestra estructura quedará apoyada sobre el cimiento, también llamado explanada de la carretera, el cual podrá estar formado o no por el terreno natural según si nos encontramos en una zona de desmonte o de terraplén (en este caso, tendremos que utilizar material de relleno).

Los firmes se clasifican según las propiedades estructurales proporcionadas según los materiales utilizados para el firme.

- Firmes Flexibles. Son aquellos que están formados por mezclas bituminosas y fundamentalmente material granular, aunque también podemos encontrarlos sobre una capa bituminosa. Se caracteriza porque tiene un comportamiento mecánico en el que se adapta a los asientos que se producen en el mismo.
- Firmes Rígidos. Son aquellos cuyo pavimento está formado por hormigón. Debido al uso de este material, se tiene un firme con una gran rigidez y con deflexiones despreciables (excepto en zonas localizadas como son los bordes o las juntas sin pasadores).
- Firmes Semirígidos. Son aquellos formados por capas estabilizadas de cemento o con un espesor importante de material bituminoso (suelen denominarse semiflexibles en este caso). Tienen un comportamiento intermedio entre los dos grupos anteriores.
- Firmes Articulados. Son aquellos formados por piezas (como pueden ser los adoquines). Se puede utilizar para todo tipo de tráfico, e incluso para zonas peatonales.



# 4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

## 4.1 Dimensionamiento del firme

El dimensionamiento de firmes tiene por objeto establecer los espesores y propiedades de las capas que forman el firme, de tal forma que resista las acciones a las que van a estar sometidas durante el periodo de proyecto. Este proceso es crucial para el firme, ya que hablar de Mecánica de Firmes realmente es considerar el firme como una estructura, es decir, que se tendrá que estudiar tales apartados como la cimentación, el criterio de fallo, modelos de comportamiento, etcétera.

Por otro lado, los agentes externos que afectan al firme a estudiar producen el deterioro. Dicho deterioro estará definido por un modelo que dependerá de la forma en la que se dimensione. Principalmente se pueden resumir en tres modelos: Deformaciones Permanentes Acumuladas, Fatiga y Fisuración Superficial. En la siguiente tabla aportada por el temario de la asignatura de Construcciones Civiles del Grado de Ingeniería Civil de la Universidad de Sevilla [5] se expondrán los distintos criterios de fallo utilizados según el modelo de deterioro escogido.

| MODELO DE DETERIORO                       | CRITERIO DE FALLO  | TIPO MODELO | CAUSAS                     | VALOR DE AGOTAMIENTO                          |
|---|--|-------------|----------------------------|---|
| Deformaciones Permanentes Acumuladas (DP) | Deformación vertical máxima en Plano de Explanada                | DPc         | Cargas de trafico ciclicas | $N_d = f_1 * (s_d)^{-0.5}$                    |
|   | Deformación vertical en plano superior del FIRME                 | DPf         | Cargas térmicas            | $N_d = f_1 * (s_d)^{-0.5}$                    |
| Fatiga (FA)                               | Deformaciones horizontales inician rotura en mezclas bituminosas | FAb         | Cargas de trafico ciclicas | $N_d = f_1 * (s_d)^{-0.5} * (E)^{-0.5}$       |
|   | Nivel máximo de tensiones (o deformaciones) ciclicas             | FAC         |                            | $\sigma_N / \sigma_1 = 1 + \beta * \log(N_d)$ |
| Fisuración Superficial (FS)               | Roderos en las capas bituminosas o granulares                    |             | Ciclos de cargas térmicas  |   |

Tabla 4-1. Tabla resumen de los tipos de deterioro junto con los criterios de fallo según los apuntes de clase de la asignatura de Construcciones Civiles

Para estructuras en las que se utilicen mezclas bituminosas se suelen utilizar los tipos DPc y FAb, mientras que, para el empleo de materiales hidráulicos, el modelo de deterioro FAC.

La Mecánica de Firmes abarca distintas metodologías de análisis, entre los que encontramos:

- Métodos Empíricos. Se basan en la experimentación. La respuesta del firme se representa con ábacos, catálogos y tablas.
- Métodos Analíticos. La respuesta del firme se obtiene mediante procedimientos matemáticos. Traen consigo una parte empírica para poder valorar parte del comportamiento. Consta de dos partes: un modelo de respuesta y un análisis de fallo. Según la modelización de la geometría, el cálculo de tensiones y deformaciones y del tipo de respuesta de los materiales

(elástica o viscoelástica), se habla de modelo de Burmister (para firmes flexibles o semi-rígidos) o de Westergaard (firmes rígidos)<sup>1</sup>.

- Métodos Mecánicos. Estudian la respuesta no lineal con materiales con propiedades viscoelásticas, con anisotropía, solicitaciones dinámicas y discontinuidad en los materiales.

En este estudio se procederá a realizar una comparación analítica de diversas secciones de firme mediante tres herramientas informáticas de dimensionamiento de cálculo. Se usarán dos programas informáticos específicos para el diseño de firmes los cuales utilizan modelos multicapa: ICAFIR [6] y KENPAVE [7]. Además, se procederá al cálculo mediante ANSYS, un programa generalista que utiliza el MEF [8].

Desde el punto de vista de la Mecánica de Firmes, se van a utilizar dos modelos multicapa basados en la solución aportada por Burmister y por Westergaard (según si se analizasen firmes flexibles o rígidos) y otro modelo de mejora de potencia de cálculo basado en el método de los elementos finitos. Se supondrá que la adherencia entre las distintas capas es perfecta, y no se tendrá en cuenta aquellos efectos que producen la plasticidad de los materiales utilizados en el firme, como puede ser los fenómenos de la fisuración o la degradación. Todos esos efectos podrán reflejarse en un estudio futuro.

#### 4.1.1 Herramientas de dimensionamiento analítico empleadas

##### 4.1.1.1 ICAFIR

Consiste en un programa diseñado por la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía y que queda detallado su uso en la Instrucción de Diseño de Firmes de la Red de Carreteras de Andalucía [6]. Dicha Instrucción se creó debido a que Andalucía tiene unas condiciones peculiares respecto a las que la Instrucción 6.1 I.C. [1], fundamentalmente debidas a las arcillas que se encuentran en la provincia. Problemas como la gran expansividad, erosionabilidad, capacidad portante o la meteorización son los que hacen que en Andalucía la Instrucción necesitara ser caracterizada.

En el caso de que el firme tenga un pavimento constituido por materiales bituminosos, se utiliza el modelo de respuesta tricapa de Burmister (como se explica en el apartado 8.1.3) sobre un espacio semi-infinito de Boussinesq (por lo tanto, tenemos un macizo multicapa con comportamiento elástico-lineal e isótropo). Si se tuviera un firme cuyo pavimento fuera de hormigón, el modelo de respuesta bicapa será el de Westergaard (como se explica en el apartado 8.1.2) sobre un espacio semi-infinito de Winkler (es decir, que se tendría una losa de hormigón con un comportamiento elástico-lineal flotando sobre un conjunto de muelles).

En ambos casos, se obtienen tensiones y deformaciones, tanto verticales como radiales. Cabe destacar que, en el caso de Burmister, hay que indicar si se va a considerar que las capas se encuentran pegadas o despegadas en su interfase, ya que los resultados son muy diferentes. En el caso de que se tengan capas pegadas, se debe garantizar la continuidad de las deformaciones radiales debido a que ambas capas se mantienen en contacto en todo momento, cosa que no pasaría en el caso de que se mantuvieran despegadas.

Respecto al criterio de fallo de la explanada, ICAFIR usa como parámetro crítico la deformación vertical. Se producirá el fallo cuando, al utilizar el modelo de deterioro por acumulación de deformaciones permanentes, se obtenga un número de aplicaciones superior al tráfico de proyecto estimado. En la ecuación 4-1 se puede observar la ley de fatiga que el programa utiliza para dicho criterio de fallo. Además, en la Figura 4-1 se puede observar dicha ley representada según el número de ciclos y la deformación vertical.

$$\varepsilon_z = 2.16 * 10^{-3} * N^{-0.28} \quad 4-1$$

<sup>1</sup> Ambas teorías se explican en el anejo A, el cual corresponde con el apartado 8.1.



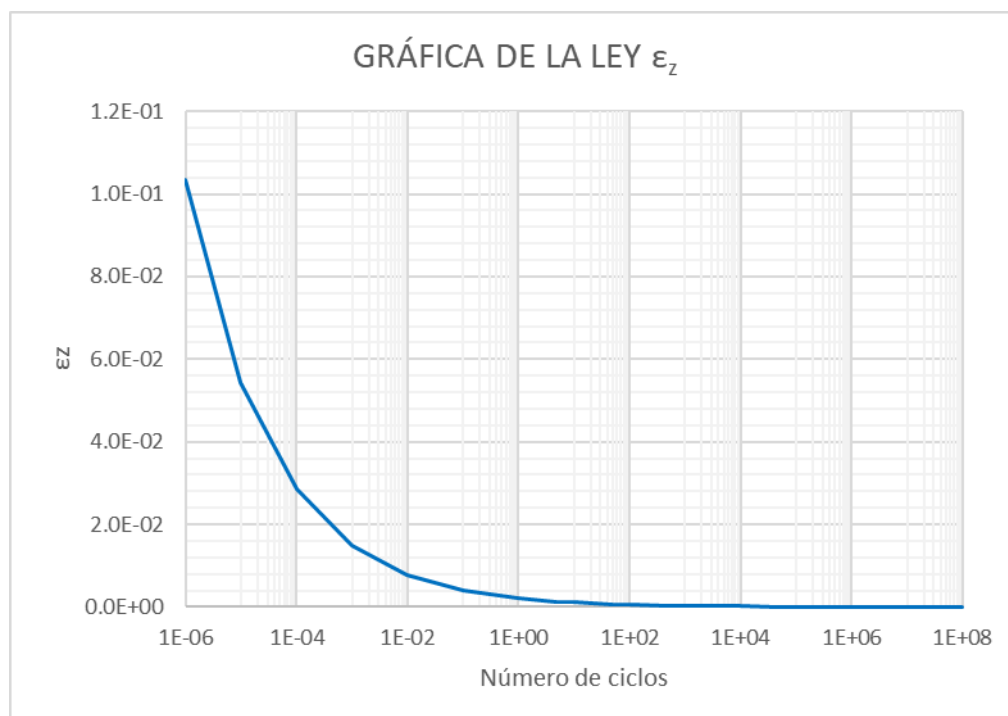


Figura 4-1. Ley del criterio de fallo de la explanada que utiliza ICAFIR

Según dicha ley, se puede observar que, para aplicaciones de carga muy altas, la deformación tiende a cero. Sin embargo, para un número de aplicaciones de carga pequeño, la gráfica tiene una asíntota que tiende al infinito. Hay que aclarar que a dicha asíntota no se puede llegar nunca a la práctica, ya que solo se puede aplicar una carga un número entero de veces.

Por otro lado, en el caso de estar tratando el fallo de las capas del firme, ICAFIR utiliza la deformación radial unitaria de la fibra inferior (para capas bituminosas) y la tracción radial unitaria en su fibra inferior (en el caso de capas tratadas con conglomerantes hidráulicos).

Si las capas están formadas por mezclas bituminosas en caliente, las leyes de fatiga que adopta son las de la Tabla 4-2. Dichas leyes son representadas en la Figura 4-2.

| Tipo de mezcla        | Ley de fatiga   |
|-----------------------|---|
| Gruesa o abierta      | $\epsilon_r = 6,443 \cdot 10^{-3} \cdot N^{-0,27243}$ |
| Semidensa o densa     | $\epsilon_r = 6,920 \cdot 10^{-3} \cdot N^{-0,27243}$ |
| Mezcla de alto módulo | $\epsilon_r = 6,612 \cdot 10^{-3} \cdot N^{-0,27243}$ |

Tabla 4-2. Tabla 5.13 de la norma andaluza. Leyes de fatiga para mezclas bituminosas en caliente

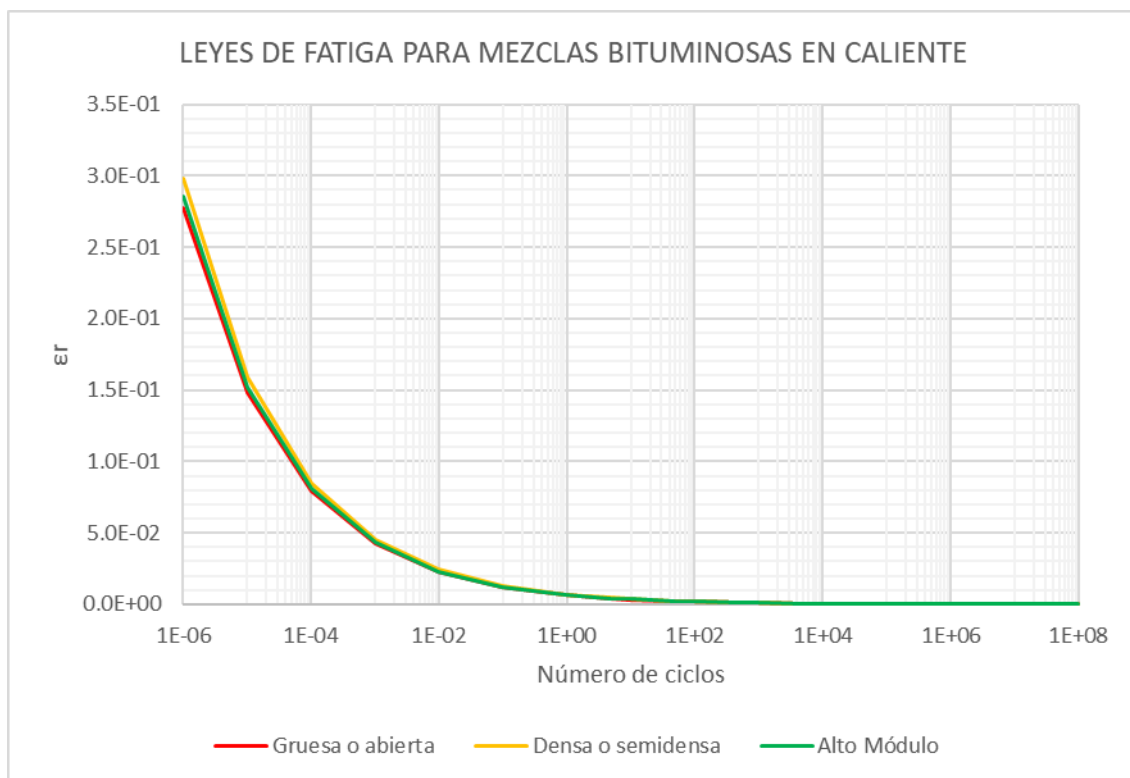


Figura 4-2. Leyes de fatiga utilizadas por la norma andaluza para mezclas bituminosas en caliente

La norma andaluza [6] establece que «a las mezclas bituminosas en frío no se le aplicará criterio de fatiga». También dice que «en las capas granulares no se considerará criterio de fallo».

En el caso de capas tratadas conglomerantes hidráulicos, tendremos las leyes de fatiga de la Tabla 4-3. Dichas leyes se pueden contemplar en la Figura 4-3.

| Tipo de mezcla    | Ley de fatiga  |
|-------------------|--|
| Suelocemento SC-3 | $\sigma_f(\text{MPa}) = 0,43 \cdot (1 - 0,065 \cdot \log N)$ |
| Suelocemento SC-4 | $\sigma_f(\text{MPa}) = 0,72 \cdot (1 - 0,065 \cdot \log N)$ |
| Gravacemento      | $\sigma_f(\text{MPa}) = 1,30 \cdot (1 - 0,065 \cdot \log N)$ |

Tabla 4-3. Tabla 5.14 de la norma andaluza. Leyes de fatiga para materiales tratados con cemento

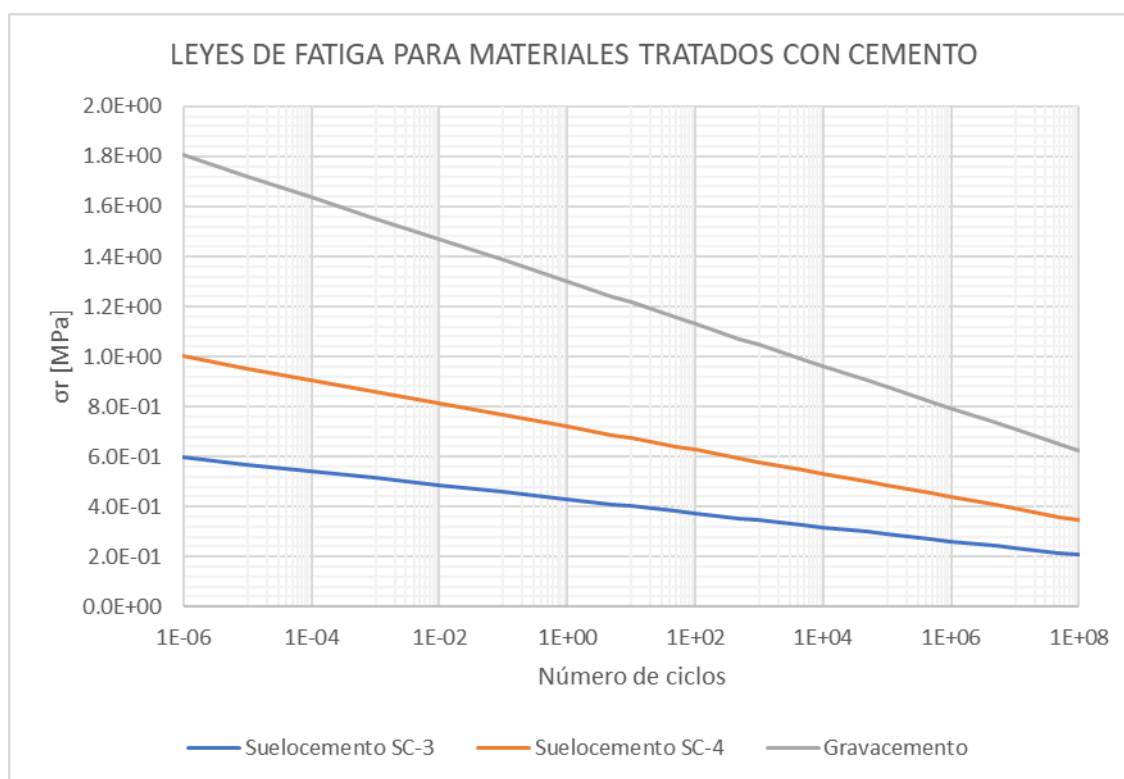


Figura 4-3. Leyes de fatiga utilizadas por la norma andaluza para materiales tratados con cemento

#### 4.1.1.2 KENPAVE

Se trata de una herramienta formulada en dos módulos, uno para firmes flexibles llamado KENLAYER y otro para firmes rígidos, que se llama KENSLABS. Aunque ambos procesos de cálculo aparecieron por primera vez de forma separada en una publicación de Pavement Analysis and Design [9], en 2003 aparece el paquete KENPAVE [10], donde ambos aparecen unificados.

KENLAYER se basa en el modelo multicapa de Burmister. En cuanto al comportamiento de los materiales que se pueden definir en el mismo, el programa permite:

- Comportamiento elástico y lineal.
- Comportamiento elástico y no lineal.
- Comportamiento viscoelástico y lineal.
- Combinación entre los anteriores.

Se pueden aplicar 24 grupos de 6 cargas como máximo. Al ser un modelo de cálculo avanzado, también acepta espectros de carga<sup>2</sup> como datos de partida.

El programa permite obtener las tensiones, las deformaciones y los desplazamientos verticales de todos los puntos de cálculo que introduzcamos en el programa.

Su modelo de deterioro se basa en la fisuración producida por fatiga y la deformación permanente. Al sumar ambos efectos, podemos realizar una estimación de la vida del firme. El programa también permite tener en cuenta la climatología para obtener una respuesta más realista. El programa obtiene resultados de tensiones y de deformaciones.

El programa de KENSLABS se basa en el MEF. Consiste en representar la losa de hormigón como una placa delgada sobre una base modelada según la teoría de Winkler, es decir, que se supone la losa

<sup>2</sup> Un espectro de carga consiste en una aplicación de carga normalizada según un tipo de eje (sencillo, tandem, ...) según un tipo de vehículo en concreto durante un tiempo determinado. La diferencia con respecto a utilizar ejes equivalentes de referencia consiste en que no se utiliza un tipo de eje en concreto, sino que se agrupan las cargas según la magnitud que tengan. o

sobre un fluido, el cual se representa mediante resortes.

Se pueden definir, mediante elementos rectangulares, hasta 6 placas, con un máximo de 15 nodos por cada placa, así como la posibilidad de representar dos capas de losa, las cuales pueden representarse en el programa como dos losas que se encuentran unidas o no (en el segundo caso, representa cada capa como una losa independiente, entre las cuales se garantiza la compatibilidad de desplazamientos en sus nodos que se encuentran en contacto). También se pueden definir juntas (hasta un máximo de 7) mediante el espaciamiento que existe entre ellas, la posibilidad de construir o no el arcén e incluso añadir materiales distintos al hormigón.

Al igual que KENLAYER, permite introducir los datos del clima para obtener una solución más realista. El programa obtiene resultados de tensiones y de deformaciones.

#### 4.1.1.3 ANSYS

Es una herramienta basada en el Método de los Elementos Finitos, el cual consiste en un método numérico computacional utilizado en ingeniería para evitar tener que resolver a mano las complejas ecuaciones diferenciales de forma aproximada necesarias para obtener el comportamiento de una estructura, como puede ser la función de Airy (ecuación 4-2), necesaria para poder obtener el tensor de esfuerzos al cargar un sólido deformable con unas cargas constantes.

$$\nabla^2 \varphi(x, y) = 0 \rightarrow \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \varphi}{\partial y^4} = 0 \quad 4-2$$

Para ello, tras modelar la geometría del problema, se procede a discretizar la estructura a analizar en un gran número de ‘elementos finitos’. Cada uno de los puntos de partición establecidos se denominan ‘nodos’, y el conjunto de nodos en los que se discretiza la estructura se denomina ‘mallá’. Contra mayor número de nodos se utilicen, la mallá será más fina, por lo tanto, la solución será más cercana a la real. El problema es que, a mayor refinamiento de mallá, mayor coste computacional tendrá el cálculo de dicha estructura. Por lo tanto, hay que establecer un equilibrio, es decir, buscar una mallá lo suficientemente refinada como para poder considerar que el comportamiento de la estructura modelada tiene la suficiente aproximación al de la real.

El método consiste en imponer las ecuaciones de equilibrio y de compatibilidad en los nodos, de tal forma que la dificultad del problema se reduce.

Para el presente estudio, se ha utilizado el programa ANSYS [8] debido a que es el programa basado en el MEF más utilizado durante los estudios en el Grado de Ingeniería Civil en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla. Una de las limitaciones de este trabajo es precisamente que se ha utilizado una licencia estudiantil. Esta licencia no permite un estudio de más de 32.000 elementos, que ha sido la principal razón por la que no se ha podido obtener un mayor refinamiento de la mallá. Como este estudio es una introducción que servirá de base a futuros, consideraremos que la mallá es lo suficientemente buena como para obtener resultados fiables.

El programa permite obtener las tensiones, deformaciones y los movimientos de la estructura que se pretende analizar. Para ello, se utiliza el Principio de los Trabajos Virtuales (PTV), el cual representa un balance energético en el que el trabajo interno de la estructura tiene que coincidir con el externo. Dicho principio se puede representar mediante la fórmula 4-3.

$$\int_{x_1}^{x_2} \delta \varepsilon \sigma dV = \int_{x_1}^{x_2} \delta u q(x) dx + \sum_{i=1}^n \delta u_i F_i \quad 4-3$$

FIGURA 2.1. CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2, EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA

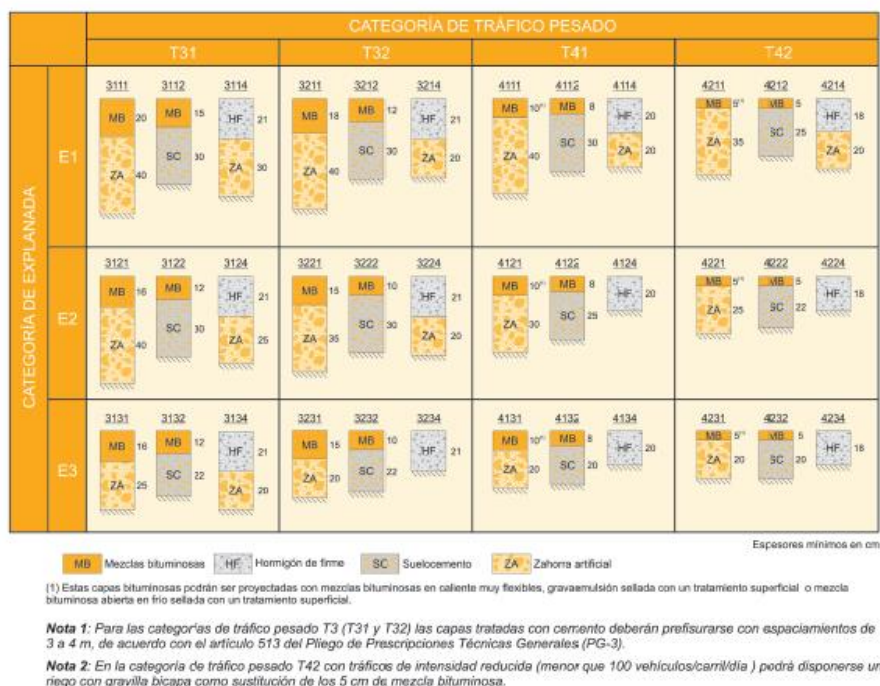


FIGURA 2.2. CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T3 (T31 y T32) y T4 (T41 y T42), EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA

#### Figura 4-4. Catálogos utilizados por la norma 6.1 I.C (Explanada y Secciones de Firme)

Una vez elegidas las secciones de cimiento y firme a estudiar, se procede a un análisis tenso-deformacional del conjunto de ambas según los distintos programas informáticos de cálculo anteriormente citados. Se pretende comprobar que las estimaciones realizadas por los distintos métodos son similares, ya que se busca realizar un análisis de la fiabilidad de las herramientas de cálculo estructurales descritas en el apartado 4.1.1.

Las estructuras conjuntas que vamos a estudiar son las siguientes:

1. Estructura formada por un firme constituido por mezclas bituminosas en caliente sobre suelo granular y una explanada de tipo E2, diseñada para soportar un tráfico de categoría T1 sobre un terreno natural subyacente tolerable.
2. Estructura formada por un firme constituido por mezclas bituminosas en caliente sobre suelo granular y una explanada de tipo E2, diseñada para soportar un tráfico de categoría T31 sobre un terreno natural subyacente marginal.

Por último, se procederá al cálculo de ejes equivalentes mediante las leyes de fatiga de los distintos materiales que conforman el firme a estudiar. En este punto cabe destacar que existen varias leyes de fatiga, ya que cada autor propone unos modelos de cálculo distintos.

En este caso, se van a utilizar las leyes de fatiga que la norma andaluza [6], ya que no coinciden exactamente con las de la norma 6.1 I.C [1] debido a que se publicaron estas primeras con anterioridad. Durante el cálculo de este apartado, se realizará una breve comparativa entre las leyes de fatiga propuestas por ambas normas de cara a comprobar si la norma andaluza [6] obtiene resultados similares a la estatal [1], al igual que con las propuestas por varios autores.

### 4.3 Estudio de la sección 121 sobre suelo tolerable

Como prueba piloto del proceso de análisis comparado sobre métodos de cálculo y herramientas informáticas de proceso se va a proceder a desarrollar el análisis de una sección del Catálogo de la norma 6.1 de la Instrucción de Carreteras [1], para validar que el proceso de análisis es adecuado al objetivo fijado inicialmente.

Se ha elegido la sección 121, que supone una categoría de tráfico T1 y un cimiento E2, construida sobre un terreno natural subyacente formado por suelos tolerables.

Como cimiento del firme, se va a considerar una de las cuatro estructuras equivalentes según la IC-6.1, que esta compuesta por dos capas; la superior de 40cm de espesor formada por suelo seleccionado (S2) y la inferior de 30cm de suelo adecuado (S1). En la Figura 4-5y en la Figura 4-6 se puede observar la elección de dicha sección.

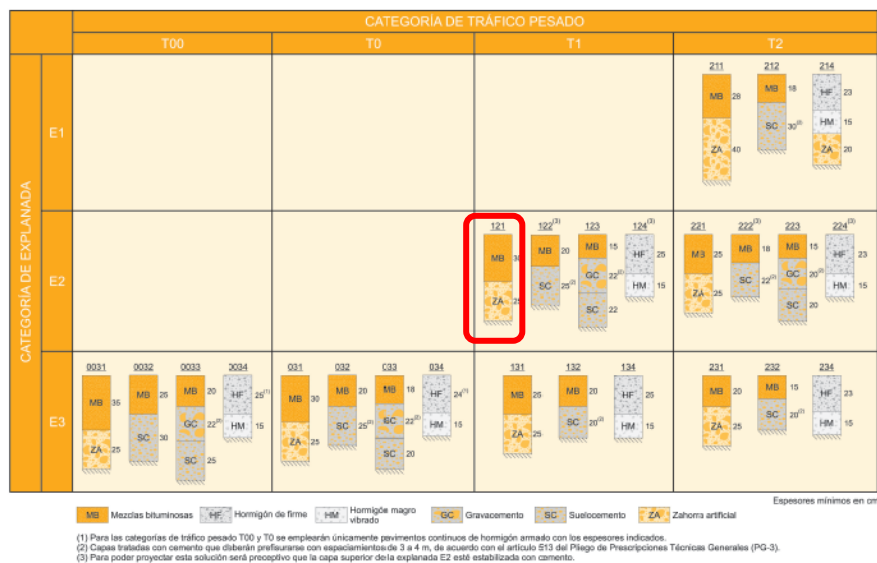


FIGURA 2.1. CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2, EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA

Figura 4-5. Figura 2.1 de la norma 6.1. Elección de la sección 121.



FIGURA 1. FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

Figura 4-6. Figura 1 de la norma 6.1. Elección de la explanada de la sección a estudiar

Los materiales utilizados en cada capa de la estructura y sus características se presentan en la Tabla 4-4, además de un esquema de la sección a estudiar en la Figura 4-7. Los datos de las propiedades de los materiales se han obtenido de la norma 6.1 I.C [1], así como del PG-3 [11].



| Capa                          | Espesor [cm] | E [MPa] | $\nu$ |
|-------------------------------|--------------|---------|-------|
| Mezcla drenante (PA)          | 4            | 4000    | 0.35  |
| Mezcla semidensa (S)          | 26           | 6000    | 0.33  |
| Zahorra artificial (ZA)       | 25           | 500     | 0.35  |
| Suelo seleccionado Tipo-2 (2) | 40           | 150     | 0.35  |
| Suelo adecuado con CBR-10 (1) | 50           | 100     | 0.35  |
| Suelo tolerable con CBR-5 (0) | -            | 50      | 0.35  |

Tabla 4-4. Espesor de las distintas capas, junto con los materiales que las forman y sus características

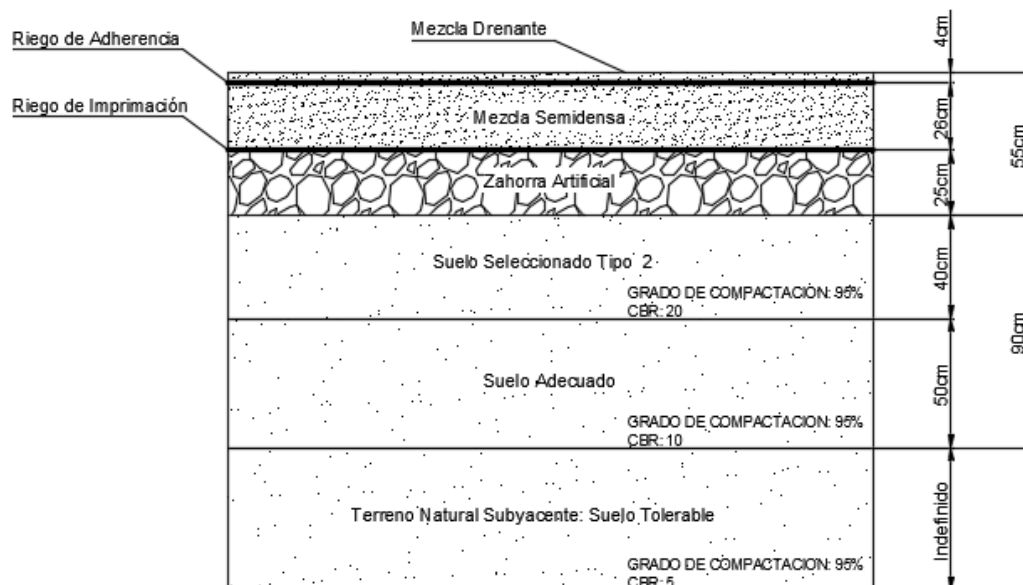


Figura 4-7. Esquema de la sección de estudio

Por último, cabe indicar que el uso de mezclas bituminosas en caliente se ve afectado por la climatología de la zona en la que se va a proceder a la construcción de la carretera. Por tanto, se procede a definir una zona climática y una zona pluviométrica para poder analizar los resultados. En este caso, se va a suponer que la zona en la que se va a proyectar la carretera es Sevilla. Esta zona está caracterizada por encontrarse en el Valle del Guadalquivir, zona de altas temperaturas y de escasa precipitación. La norma establece la Figura 4-8 para determinar la zona térmica estival y la Figura 4-9 para determinar la zona pluviométrica.



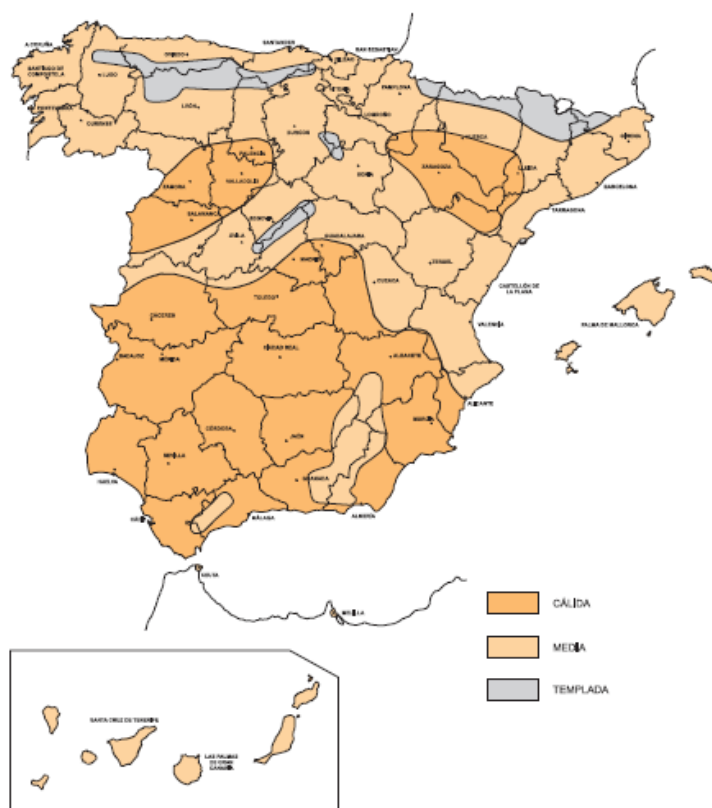


Figura 4-8. Figura 3 de la norma 6.1 I.C. Zonas térmicas estivales

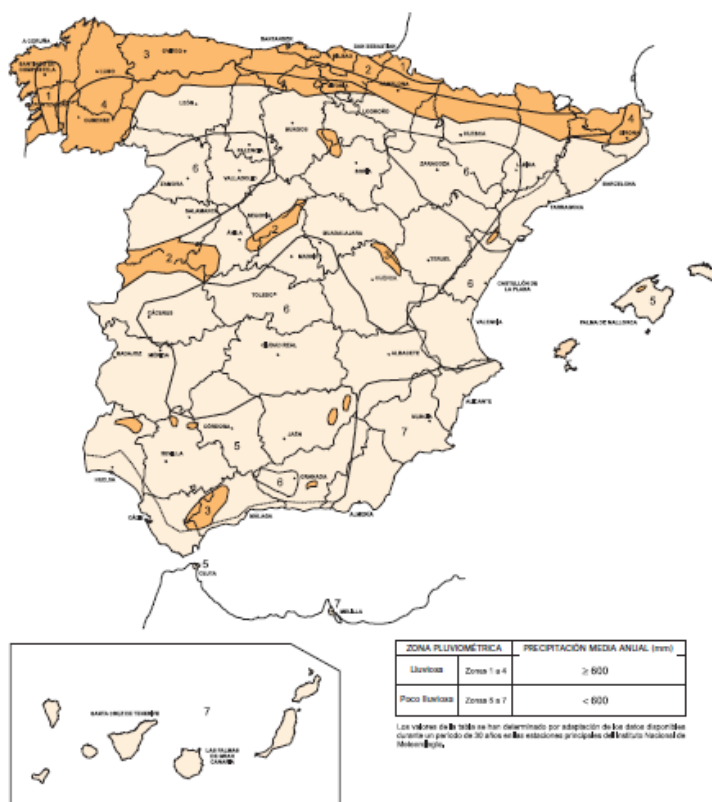


Figura 4-9. Figura 4 de la norma 6.1 I.C. Zona pluviométricas

Por lo tanto, nos encontramos en una zona cálida y una zona pluviométrica poco lluviosa (5), con una precipitación media anual de menos de 600mm.

En esta sección se va a determinar su estado tenso-deformacional según las tres herramientas informáticas que aplican dos métodos de resolución numérica.

ICAFIR (4.1.1.1) y KENPAVE (4.1.1.2) aplican la resolución del sistema de ecuaciones de la mecánica de firmes en una estructura multicapa. La primera utilizando una estructura tricapa y la segunda con una estructura de seis capas (en este caso).

La tercera herramienta informática es ANSYS (4.1.1.3), la cual utiliza el método de los elementos finitos para resolver el estado tensional de la estructura multicapa.

Como se irá exponiendo en las siguientes páginas, se van a realizar 5 procesos como resultado del trabajo, uno con ICAFIR, dos con KENPAVE y otros dos con ANSYS.

A continuación, se procederá a explicar la modelización de dicha sección mediante las diferentes herramientas informáticas que se han propuesto anteriormente, así como los resultados obtenidos.

### 4.3.1 Modelo para análisis con ICAFIR

El procedimiento realizado para el modelado mediante este programa es muy sencillo e intuitivo.

Para empezar, se procede a introducir los valores de tráfico. Como nos encontramos con una categoría de tráfico T1, y siguiendo con las pautas que la norma andaluza [6] dictamina para calcular el número de ejes equivalentes, se ha previsto un tráfico de 10.000.000 de ejes equivalentes<sup>3</sup>.

Se incluirá la categoría de la explanada que permite la norma andaluza, la cual tiene unas prescripciones que difieren a las de la norma 6.1 I.C [1]. ICAFIR solo nos permite introducir el caso de una categoría de cimiento alta (con un módulo equivalente de 160MPa). Debemos recordar que la categoría de explanada que debemos de utilizar es de una E2 (que según la norma 6.1 I.C garantiza un módulo equivalente de 120MPa). Además, se debe incluir la zona térmica y pluviométrica. Como se ha supuesto que la zona de estudio se encuentra en el Valle del Guadalquivir, se tiene una zona térmica de ZT1 y una pluviométrica ZPS, tal y como se puede comprobar en la Figura 4-10 y la Figura 4-11, ambas sacadas del propio programa.

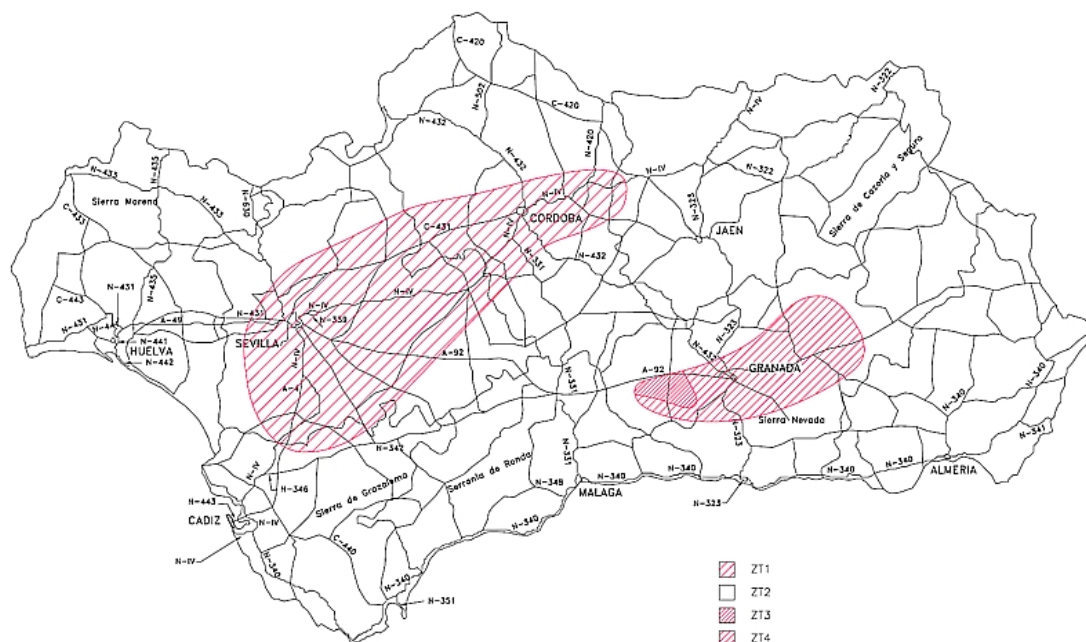


Figura 4-10. Figura 3.1 que ofrece el programa ICAFIR para elegir la zona térmica

<sup>3</sup> En el anejo B, el cual se encuentra en el apartado 8.2, se puede observar el procedimiento realizado para llegar hasta dicho valor, al igual que todos los valores de ejes equivalentes previstos para cada tipo de categoría de tráfico.

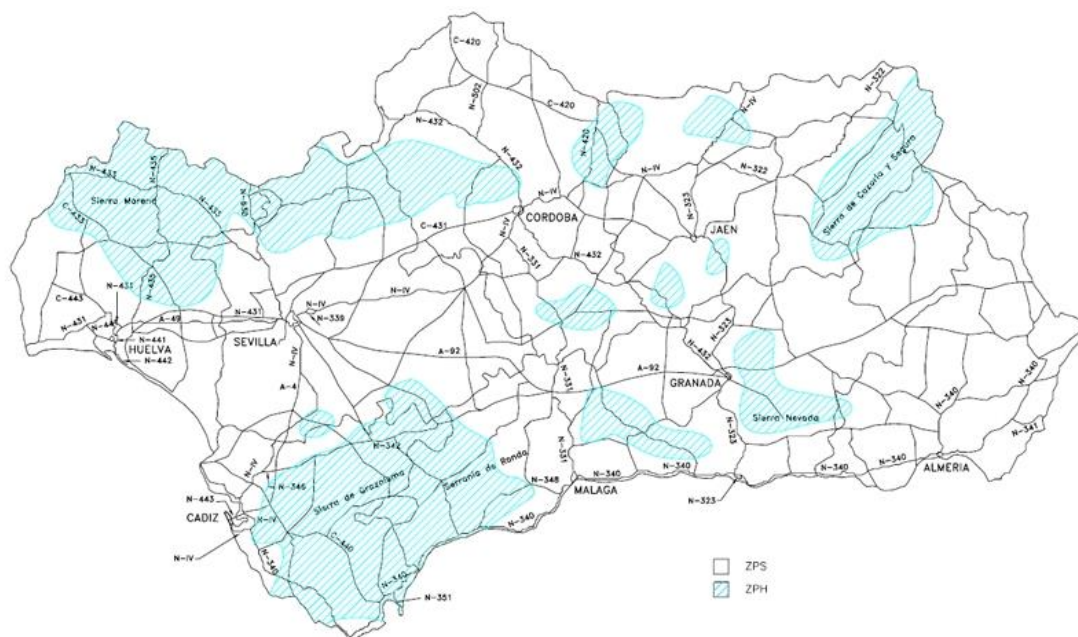


Figura 4-11. Figura 3.2 que ofrece el programa ICAFIR para elegir la zona pluviométrica  
En la Figura 4-12 se puede contemplar los datos que se han introducido para definir las solicitudes de cálculo.

**Tramo 0 · Solicitaciones de cálculo**

**Solicitaciones de cálculo**

Tráfico  
☒ Introducir Valores ☐ Calcular [Aforos de tráfico](#)

Datos de tráfico  
 Categoría de Tráfico: T1 Ejes Equivalentes: 10,000,000

Categoría del Cimiento  
☒ Alta ☐ Media ☐ Baja

Zona Térmica: ZT1  Zona Pluviométrica: ZPS

☐ Tramo con pendiente superior al 5% en más de 1000 m

Figura 4-12. Datos de entrada de las solicitudes de cálculo mediante el programa ICAFIR  
El siguiente paso será el de introducir los datos del cimiento que se va a configurar. En este caso, y siguiendo el esquema de la sección de firme de estudio, se introducen los datos de las capas.

**Sección 121 sobre explanada 3**

**Tramo 0 - Subtramo 0 - Cimiento de Firme**

**Sección de Cimiento de Firme. PK 0+00 al PK 0+50 Desmonte**

| Plano de Explanada              | Material                  | Esesor (cm) | CBR  | Mód |
|---------------------------------|---------------------------|-------------|------|-----|
| S2 (e=20 cm)                    | Suelo Seleccionado Tipo 2 | 20          |      |     |
| S2 (e=20 cm)                    | Suelo Seleccionado Tipo 2 | 20          |      |     |
| S1 (e=20 cm)                    | Suelo Adecuado            | 20          | 10.0 |     |
| S1 (e=30 cm)                    | Suelo Adecuado            | 30          | 10.0 |     |
| S0 - Terreno natural subyacente | Suelo Tolerable           | Indefinido  | 5.0  |     |

Sección NO Válida: Deflexión 119.91 mm/100. Mód compresibilidad 120.14 MPa ≤ 160.00 MPa

| Tipo  | Descripción   | Ayuda |
|-------|---|-------|
| Error | La sección [Tramo 0 - Subtramo 0 - Cimiento de Firme] No es válida, el módulo equivalente del cimiento (120.14 MPa) es inferior al necesario para la categoría del firme (160.00 MPa) |       |

Figura 4-13. Entrada y salida de datos del cimiento del firme mediante el programa ICAFIR

El programa utiliza una expresión (ecuación 4-4) que establece una correlación directa entre el CBR<sup>4</sup> y el módulo elástico para los suelos inadecuados, marginales, tolerables y adecuados, basándose en la norma andaluza [6] en el apartado 4.7.1.

Cabe destacar que también es necesario indicar el grado de compactación del suelo debido a que el CBR depende del mismo.

$$E[\text{MPa}] = 10 * \text{CBR}(\text{que es funcion del Grado de Compactación}) \quad 4-4$$

Para el caso en el que se utilicen suelos adecuados del tipo 2, 3 o 4, todo uno o zahorras, sean naturales o artificiales, la norma andaluza en el apartado 4.7.1 toma el módulo elástico directamente. En la Tabla 4-5 se puede observar los módulos elásticos máximos que la norma andaluza recomienda:

| Materiales               | E máximo (MPa) |
|--------------------------|----------------|
| Suelo tipo S2            | 150            |
| Suelo tipo S3            | 200            |
| Suelo tipo S4 y todo-uno | 250            |
| Zahorra natural          | 350            |
| Zahorra artificial       | 500            |

Tabla 4-5. Tabla 4.6 de la norma andaluza. Valor máximo del módulo de elasticidad de suelos y materiales granulares

El programa determina que, para esta estructura de capas del cimiento, obtenemos un módulo de compresibilidad de 120.14 MPa y una deflexión de 119.91mm/100. ICAFIR avisa de un error debido a que, para una categoría alta de cimiento, se necesita que el módulo equivalente del cimiento sea de 160MPa para garantizar que dicha explanada es capaz de resistir las solicitaciones. Este resultado era esperado debido a que la norma 6.1 I.C garantiza (a priori) que dicha explanada tiene un módulo resistente de al menos 120MPa, cosa que en este caso es verificada por los resultados analíticos. La

<sup>4</sup> Ensayo California Bearing Ratio. Se utiliza para «evaluar la carga soporte de un suelo, mediante un test de penetración comparado con una grava patrón [...]». También mide la resistencia al corte de un suelo en condiciones de humedad y densidad controlada» según [5]

confusión se debe a que ICAFIR dictamina que se necesita una categoría de cimiento alta para tráficos superiores a un T2, media para T31 y T32 y baja para T41 y T42. Por consiguiente, todas las secciones con explanada E2 según la norma 6.1 I.C con una categoría de tráfico igual o superior a una T2 no puede analizarse según el procedimiento que se está proponiendo, ya que los resultados tenso-deformationales que ICAFIR obtiene pudieran no reflejar el verdadero estado tenso-deformacional por lo explicado.

A modo de analizar los resultados de ICAFIR en este estudio, se procederá a realizar una comparación con otro modelo de KENPAVE en el que se utilizará un modelo tricapa, en el que el cimiento se supondrá como una capa con un módulo equivalente de 120.14MPa y un coeficiente de poisson de 0.35 (ya que todos los suelos que lo conforman tienen este módulo). La sección de estudio resultante mediante la aplicación de la teoría tricapa de ICAFIR queda representada en la Figura 4-14.

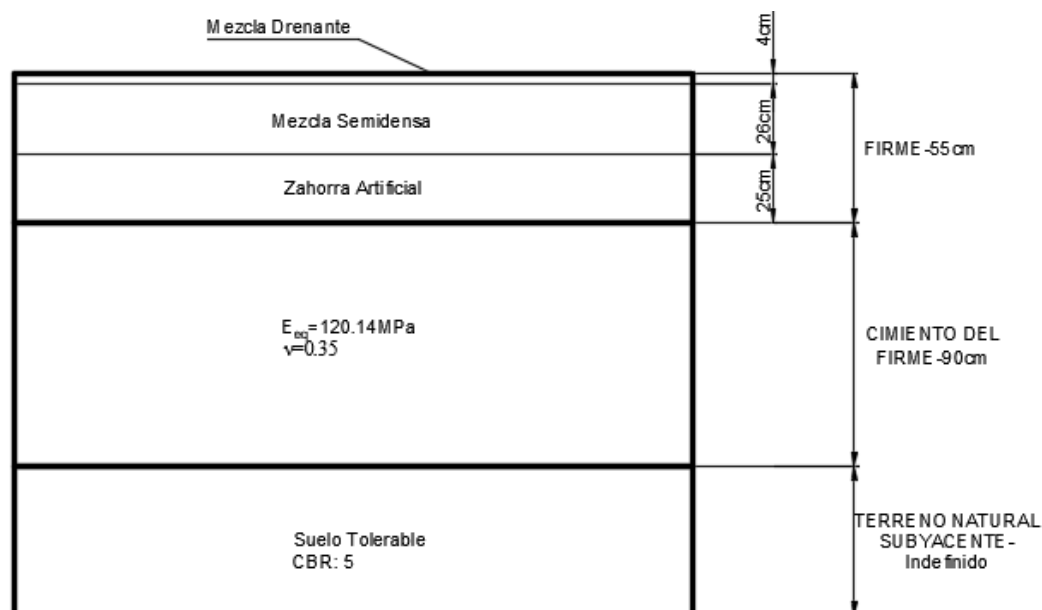


Figura 4-14. Esquema de la sección a estudiar mediante el modelo tricapa de ICAFIR

Por último, falta la comprobación del firme, la cual se realiza introduciendo los datos de la estructura de firme que se va a calcular (tres capas: pavimento / base / cimiento, aunque el pavimento se ha modelizado con tres subcapas a su vez –rodadura / intermedia / base-). Los resultados son los siguientes.

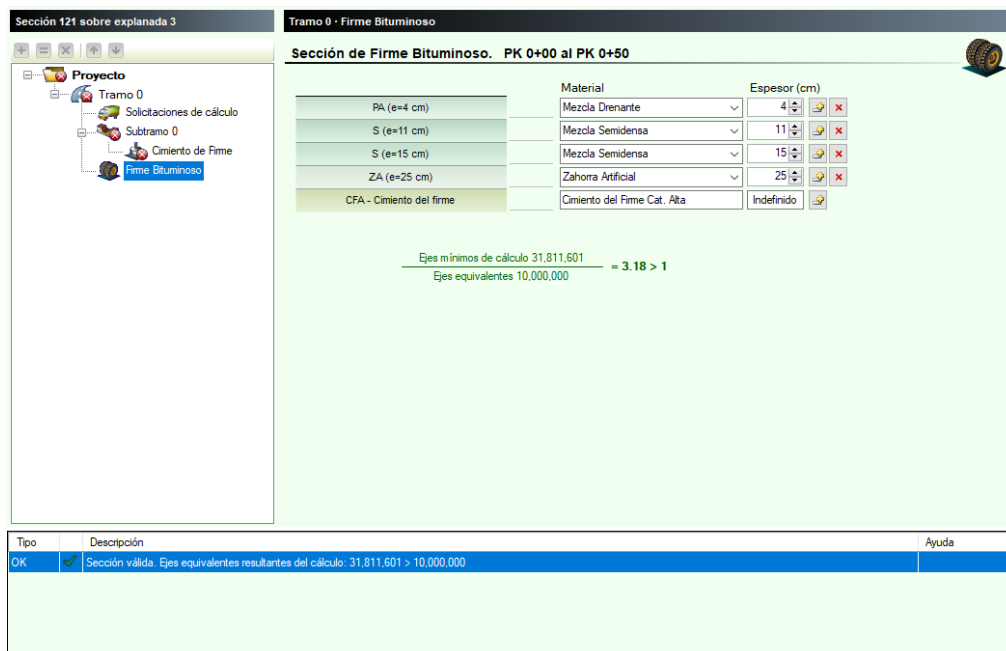


Figura 4-15. Comprobación del criterio de rotura por fatiga con el programa de ICAFIR

Según lo presentado en la anterior imagen, la sección cumple a fatiga con el tráfico de 31.81 millones de ejes equivalentes de tipo 13T, produciendo un coeficiente de seguridad de 3.18.

El programa realiza una serie de informes con resultados de la sección estudiada los cuales se incluyen en el apéndice correspondiente al apartado 8.3.2. Cabe destacar que se obtienen resultados según tres hipótesis de carga:

- Caso 1: cálculo de tensiones y deformaciones bajo rueda simple.
- Caso 2: cálculo de tensiones y deformaciones bajo una de las ruedas gemelas.
- Caso 3: cálculo de tensiones y deformaciones bajo el centro de las ruedas gemelas.

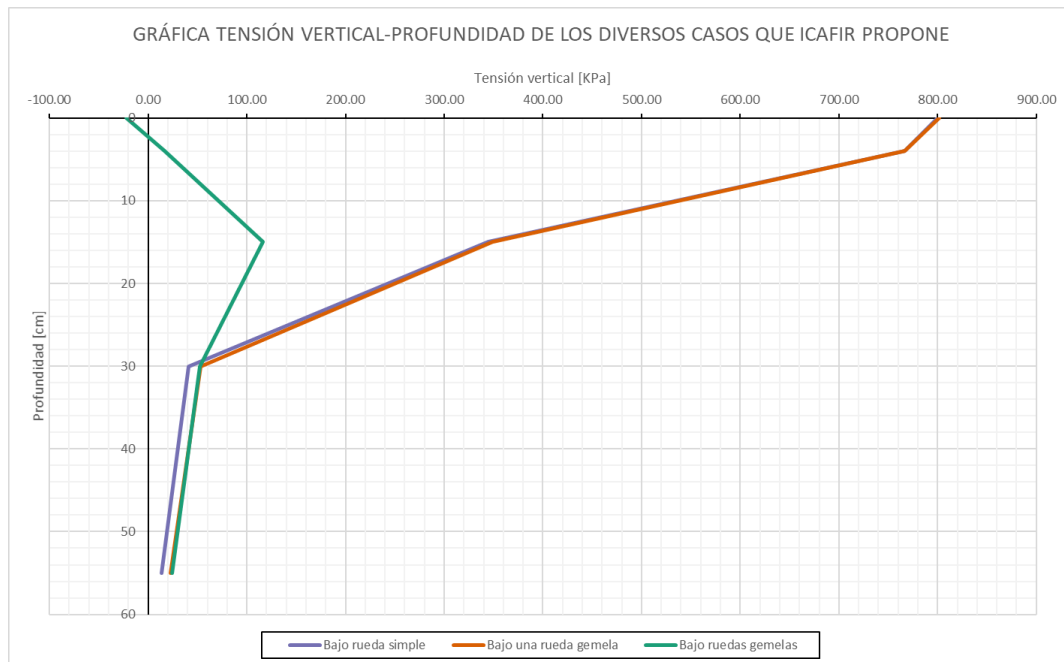


Figura 4-16. Gráfica de tensión vertical- profundidad comparativa entre los distintos casos de carga que propone ICAFIR

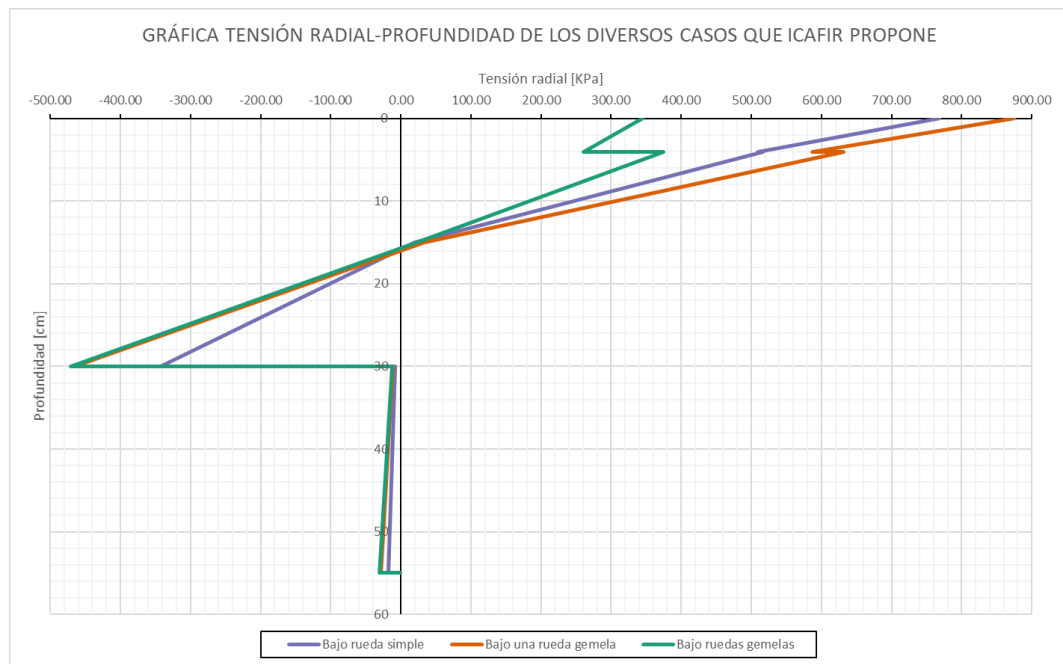


Figura 4-17. Gráfica de tensión radial- profundidad comparativa entre los distintos casos de carga que propone ICAFIR

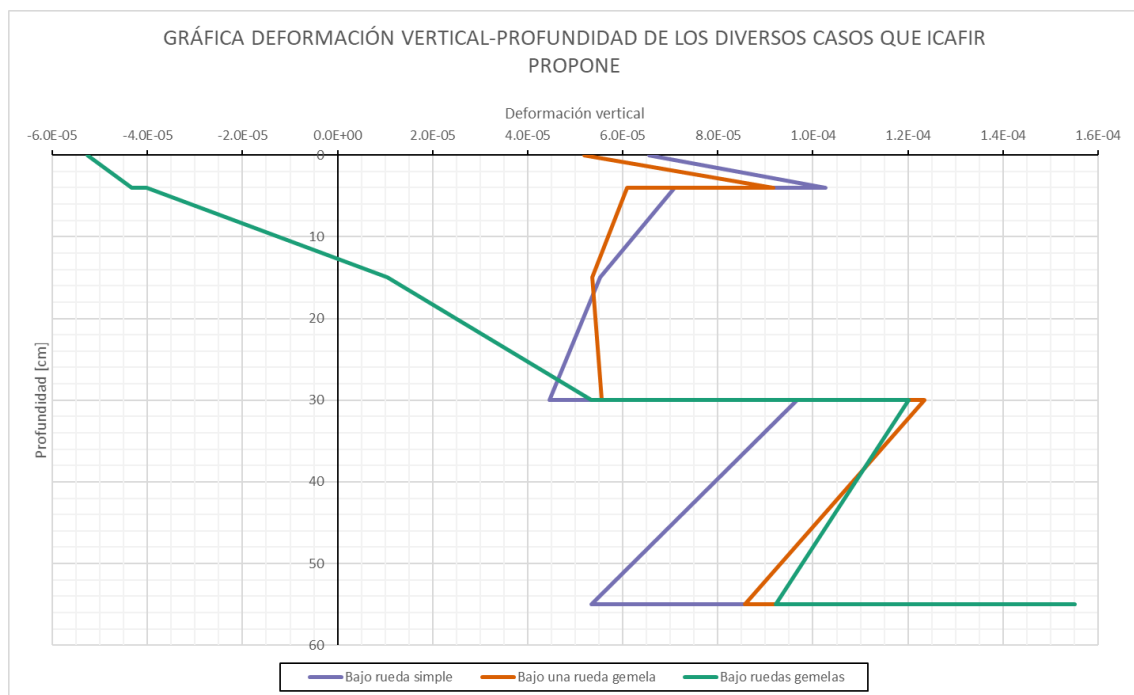


Figura 4-18. Gráfica de deformación vertical- profundidad comparativa entre los distintos casos de carga que propone ICAFIR

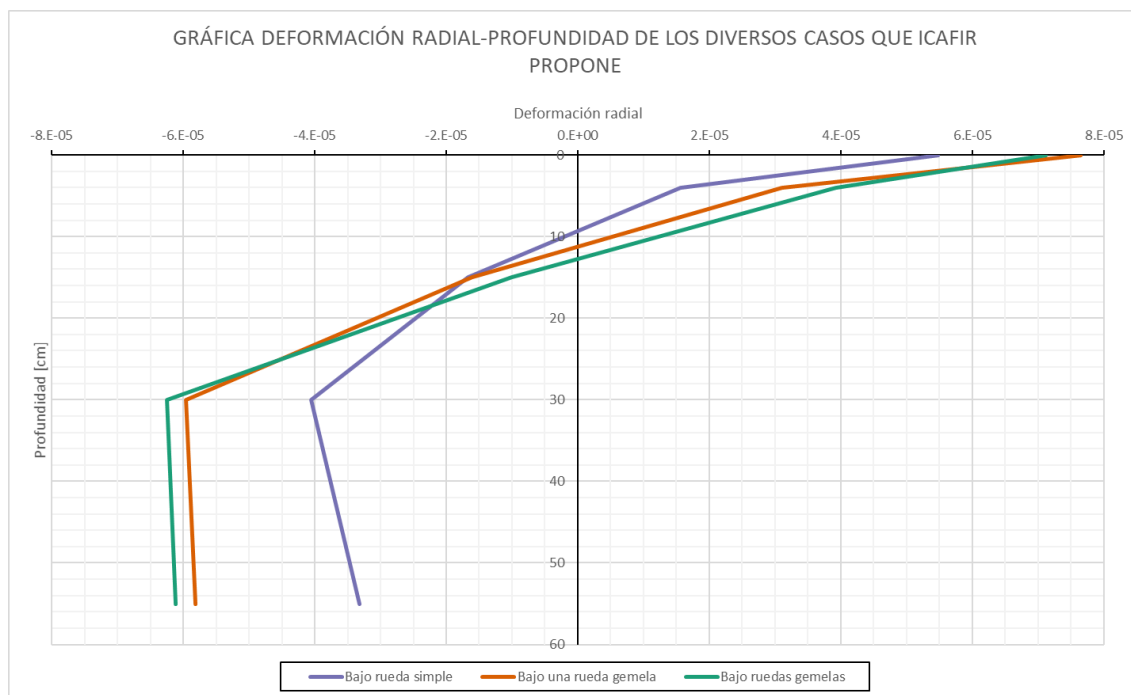


Figura 4-19. Gráfica de deformación radial- profundidad comparativa entre los distintos casos de carga que propone ICAFIR

Como en este caso la sección no se puede calcular con ICAFIR, se va a descartar su uso para el análisis tenso-deformacional de esta sección.

### 4.3.2 Modelo de análisis para KENPAVE

En el caso de la herramienta KENPAVE, se procede a completar los datos que el programa necesita<sup>5</sup> para poder resolver el problema.

Cabe destacar que una limitación del programa es la de que permite un cálculo máximo de 19 puntos desde el punto de vista de los cálculos a diferentes profundidades. Por lo tanto, se ha procedido a realizar dos análisis de KENPAVE: uno formado por 19 puntos (llamado en el presente trabajo «KENPAVE INICIAL») y otro formado por 38 puntos (llamado «KENPAVE REFINADO»), de tal forma que utiliza los 19 puntos del modelo de KENPAVE INICIAL y añade otros 19 situados a la misma profundidad que los resultados que posteriormente el modelo de ANSYS recoge. La finalidad de este segundo modelo es la de poder realizar un análisis comparado que sea concluyente.

En la Tabla 4-6 se van a mostrar los datos de entrada que se han tenido que introducir en KENPAVE, al igual que los valores que se han añadido posteriormente para poder obtener ese modelo de «KENPAVE REFINADO». Debido a que KENPAVE REFINADO no es más que un modelo igual que el original, pero con un mayor número de puntos, se opta en el trabajo por este modelo más completo. En la Figura 4-20 se pueden observar los puntos utilizados para los modelos de KENPAVE.

<sup>5</sup> Para ello, se utiliza de ayuda el Manual de KENPAVE [7].



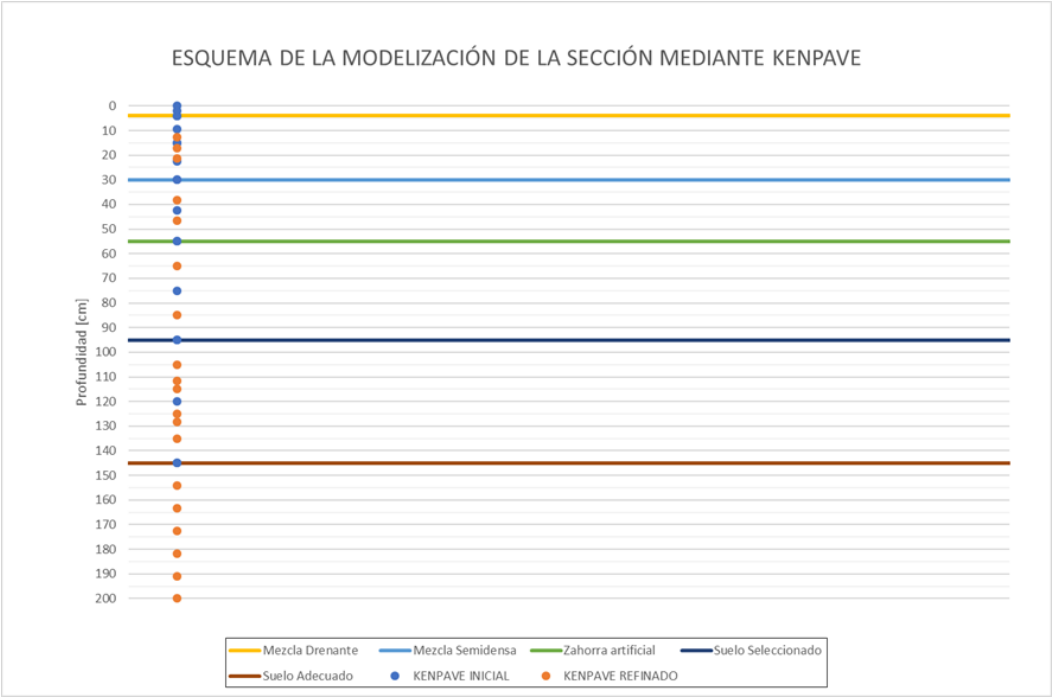


Figura 4-20. Puntos de cálculo de la sección para KENPAVE

| Nº PUNTO | PROFUNDIDAD [cm] |
|----------|------------------|
| 1        | 0                |
| 2        | 2                |
| 3        | 4                |
| 4        | 4.001            |
| 5        | 9.5              |
| 6        | 12.6667          |
| 7        | 15               |
| 8        | 15.001           |
| 9        | 17               |
| 10       | 21.333           |
| 11       | 22.5             |
| 12       | 30               |
| 13       | 30.001           |

| Nº PUNTO | PROFUNDIDAD [cm] |
|----------|------------------|
| 14       | 38.333           |
| 15       | 42.5             |
| 16       | 46.667           |
| 17       | 55               |
| 18       | 55.001           |
| 19       | 65               |
| 20       | 75               |
| 21       | 85               |
| 22       | 95               |
| 23       | 95.001           |
| 24       | 105              |
| 25       | 145              |
| 26       | 115              |

| Nº PUNTO | PROFUNDIDAD [cm] |
|----------|------------------|
| 27       | 120              |
| 28       | 125              |
| 29       | 145              |
| 30       | 135              |
| 31       | 145              |
| 32       | 145.001          |
| 33       | 154.167          |
| 34       | 163.333          |
| 35       | 172.5            |
| 36       | 181.667          |
| 37       | 190.833          |
| 38       | 200              |

Tabla 4-6. Coordenadas z de los puntos bajo rasante utilizados en KENPAVE

Además, durante la modelización de la carga y los puntos donde se quieren calcular las tensiones y las deformaciones, se han escogido 9 puntos en horizontal, los cuales se pueden observar en la Figura 4-21, que no es más que una imagen resumen que el propio programa ofrece. Además, se adjunta la Figura 4-22 para poder observar las coordenadas exactas de dichos puntos.

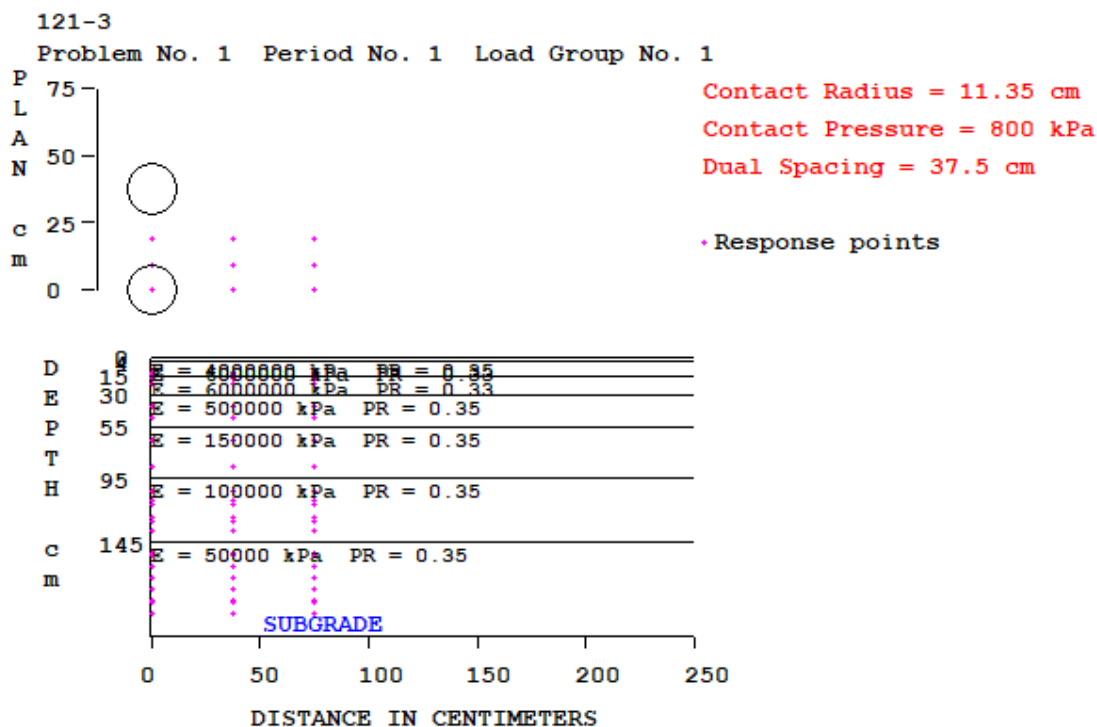


Figura 4-21. Figura resumen que el programa KENPAVE facilita

| Unit      | cm   | cm    |
|-----------|------|-------|
| Point No. | XPT  | YPT   |
| 1         | 0    | 0     |
| 2         | 37.5 | 0     |
| 3         | 75   | 0     |
| 4         | 0    | 9.375 |
| 5         | 37.5 | 9.375 |
| 6         | 75   | 9.375 |
| 7         | 0    | 18.75 |
| 8         | 37.5 | 18.75 |
| 9         | 75   | 18.75 |

(1) This auxiliary form appears automatically when NPT of a given load is typed on the main form. If NPT was specified previously, you can also enter this auxiliary form by double clicking the main form anywhere on the given load group, instead of retyping NPT, to enter this auxiliary form.

(2) XPT (x coordinates of points to be analyzed).

(3) YPT (y coordinates of points to be analyzed).

(4) After typing the data in a cell, be sure to press the Enter key to make it effective.

(5) You can delete a line, or one of the points, by first clicking anywhere on the line to make it active and then press

Print

Use <Ctrl>-<Del> to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and <Del> to clear a cell.

OK

Figura 4-22. Coordenadas de los puntos en el plano de contacto rueda-firme de los puntos de cálculo

Al igual que se hizo en el apartado 4.3.1 con ICAFIR, se utilizarán los puntos situados bajo una de las ruedas (punto 1 según la Figura 4-22) para el análisis tenso-deformacional.

La solución de tensiones y deformaciones obtenida mediante este programa se adjunta en el apéndice correspondiente al apartado 8.3.3.

#### 4.3.3 Modelo para el análisis con MEF (ANSYS)

Las hipótesis que se han empleado para la modelización del problema mediante elementos finitos han

sido:

- Se ha supuesto un comportamiento elástico-lineal de los materiales. Por lo tanto, se está suponiendo que los materiales tienen deformaciones recuperables, es decir, que se deforman pero que al terminar de aplicar la carga vuelven a su configuración inicial. Estas simplificaciones no corresponden con el modelo real, donde los materiales presentan viscoelasticidad o comportamiento no lineal, pero los resultados que propone son bastante próximos a los resultados que se tendrían en el caso de realizar ensayos in situ, es decir, que obtiene soluciones próximas al comportamiento real de los materiales.
- Se ha considerado durante la modelización que los elementos de las capas que se van a utilizar van a ser cubos. Dicha elección se puede realizar debido a que se ha supuesto que cada una de las capas que configuran el firme son regulares. También se ha supuesto que no existe porosidad, es decir, que cada una de las capas está formada por un material homogéneo. Por consiguiente, se inició el estudio con el elemento SOLID185, caracterizado por estar definido por ocho nodos y por ser un elemento al cual se le pueden atribuir propiedades como la plasticidad o el endurecimiento por tensión, propiedades que en el caso de proceder a perfeccionarse el modelo pueden ser de gran utilidad. Sin embargo, no modelaba correctamente la zona de contacto de la carga sobre el firme. Por tanto, se procedió a utilizar otro elemento con características similares pero que fuera de un orden superior, como era el caso del elemento SOLID186. Al utilizar este elemento 20 nodos, muestra un comportamiento de desplazamiento cuadrático, aportando mayor precisión en el uso del método de las diferencias finitas y una mayor flexibilidad al elemento. En la siguiente imagen se puede demostrar que el elemento SOLID185 no modelaba bien la zona de aplicación de la carga, ya que al haber utilizado una presión de hinchado de 800KPa, se puede observar perfectamente que ha habido una pérdida de tensión vertical en ese punto al rondar según los cálculos tensiones de alrededor de 700KPa.

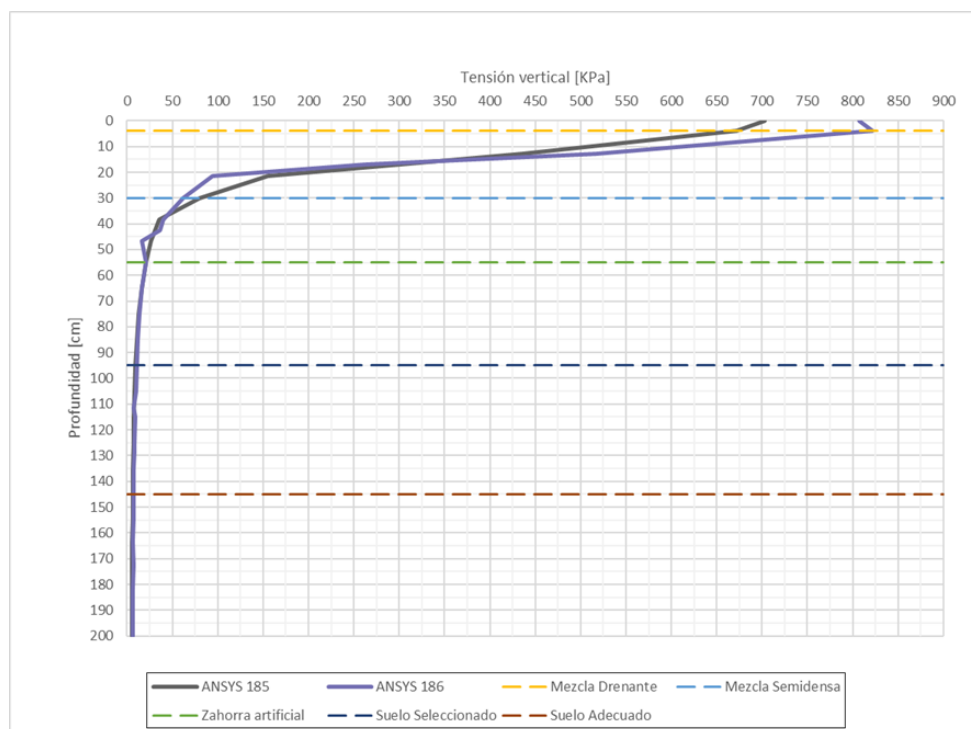


Figura 4-23. Gráfico que demuestra que la modelización con el elemento SOLID186 es más precisa en la zona de aplicación de la carga que el SOLID185

- Cada capa corresponde a un sólido rectangular con las mismas propiedades de los materiales empleados en el firme y en la explanada que se han recogido de la norma 6.1 I.C [1]. En la Figura 4-24 se puede contemplar el formado por capas realizado del firme para la elaboración de este estudio.

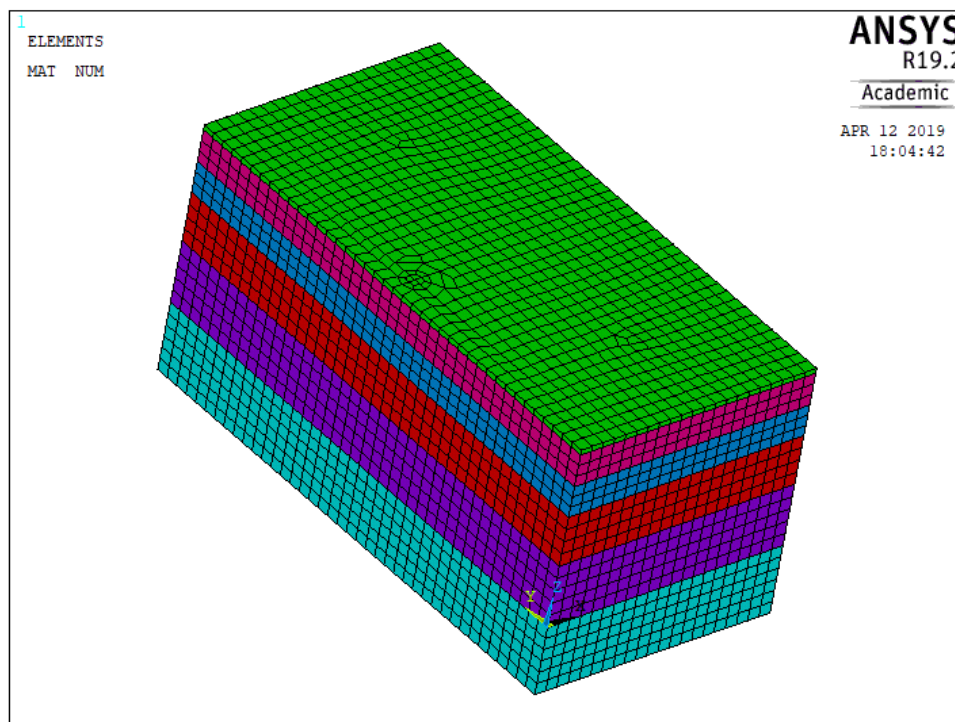


Figura 4-24. Modelo multicapa realizado con ANSYS

- Según las especificaciones del documento [12] utilizado como guía para la elaboración de este apartado, basado en el estudio de unos firmes<sup>6</sup> en la Pista de Evaluación a Escala Real del CEDEX, el cajón tiene un ancho de 8 metros y una profundidad de 2.6 metros. Aquí entra en juego una de las hipótesis que se realiza en los programas de tipo multicapa elástico lineal, que es la de extensión horizontal infinita. En un programa de MEF, tenemos la limitación de que tenemos que discretizar una extensión ilimitada con una malla. Sin embargo, lo que se suele realizar en estos problemas es situar el contorno que encierra nuestro problema a una distancia lo suficientemente grande como para que se pueda considerar esta hipótesis, es decir, utilizar una distancia tal que el contorno de las paredes de hormigón no afectaría considerablemente a los resultados obtenidos en el área de interés situada en el entorno de la carga. En el documento anteriormente citado [12], se pone de manifiesto que la «la respuesta estructural es prácticamente nula para distancias a la caga superiores a 2 metros». Por tanto, y teniendo en cuenta que se tienen que aplicar dos círculos de presión debido a que estamos hablando de rueda gemela (toda la información relacionada con la carga se expone en el siguiente punto) y que la separación entre las mismas es de 0.375 metros respecto al punto central de aplicación de la carga, se ha diseñado para este trabajo un paquete de firmes con unas dimensiones de

<sup>6</sup> Dicha pista consiste en una combinación de pista lineal y circular en la que dos vehículos automáticos se encargan de realizar un ensayo acelerado de firmes a escala real, simulando los efectos del tráfico pesado. El ensayo se realiza sobre un cajón de hormigón de 2.6 metros de profundidad y 8 metros de anchura que permite recluir el comportamiento del firme de los efectos del terreno yacente, así como facilitar una base homogénea que permita realizar el análisis comparativo de los diversos resultados. Otra cualidad es que facilita la creación de un nivel freático artificial.

2 metros de profundidad y 4.375 metros en lugar de 8 metros. A su vez, se han dispuesto 4 metros de largo garantizar la hipótesis citada anteriormente.

- La solicitación de la carga de una rueda se ha supuesto como una superficie circular uniformemente cargada, la cual representa un neumático de rueda simple. Como los cálculos se deben realizar con una rueda gemela, se tendrá en cuenta que en realidad se tendrá que utilizar dos superficies circulares para poder representar una sola rueda de este tipo de vehículo. El estudio guía para el modelado de este problema por elementos finitos [12] utiliza los datos de carga que el mismo CEDEX emplea en sus estudios, en especial los del «Ensayo sobre Explanadas y Capas de Rodadura en la Pista del CEDEX: Resultados Finales», que son los resultados de ensayos sobre unos firmes para después realizar un análisis comparativo con MEF. Como se va a proceder a realizar un análisis comparativo entre 3 programas informáticos y en la norma andaluza [6] ICAFIR utiliza unos parámetros distintos a los del CEDEX, se han utilizado los de la norma andaluza para que el estudio sea más refinado y concluyente. Por lo tanto, en el estudio del neumático de este problema, se usarán los siguientes datos:

**Presión de hinchado: 800kPa**

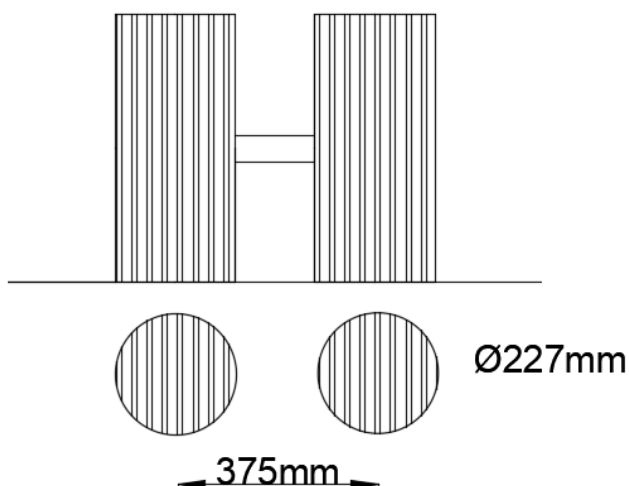


Figura 4-25. Esquema de datos utilizados para la rueda gemela según ICAFIR

- Debido a la simetría del problema por el uso de dos neumáticos, se ha procedido al estudio de la mitad del problema, es decir, se ha supuesto un paquete de firmes de 2 metros de profundidad y de 2.1875m de ancho. Por lo tanto, cabe destacar que se ha utilizado una condición de simetría en el plano situado en el centro del eje de la rueda gemela.

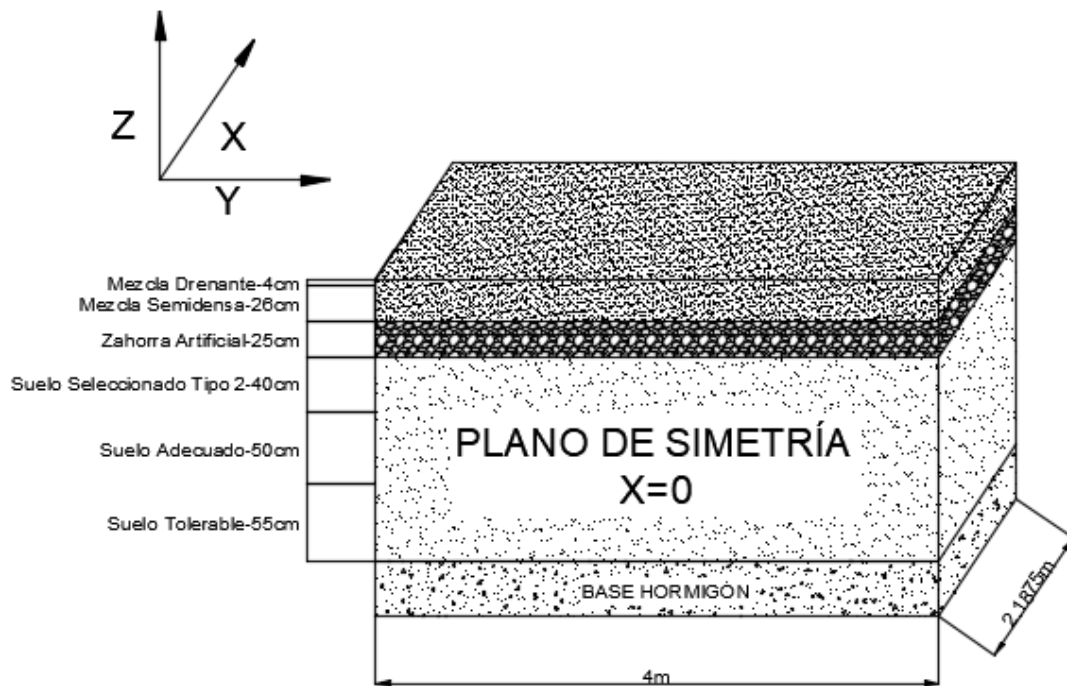


Figura 4-26. Esquema del modelo del firme utilizado

- El resto de las condiciones de contorno son:
  - Base del dominio. Representa la base del cajón en el que se proyecta el firme que va a ser estudiado en el CEDEX. Las condiciones de contorno elegidas serán aquellas que eviten que el firme pueda atravesar dicha base, además de que dicha base siempre permanezca en contacto con el firme. Se resume en que se deben impedir los desplazamientos en los puntos de la base, es decir:  $u_x=u_y=u_z=0$
  - Paredes verticales. Son las paredes del cajón del CEDEX. Para simularlas, se pondrán unas condiciones de contorno que eviten movimientos en el plano perpendicular a la rueda. Se permite el desplazamiento vertical para poder permitir que la deformación vertical no se vea afectada por el cajón de hormigón, es decir:  $u_x=u_y=0$

Ahora, se procederá a exponer los resultados que ANSYS nos brinda a la vista del problema.

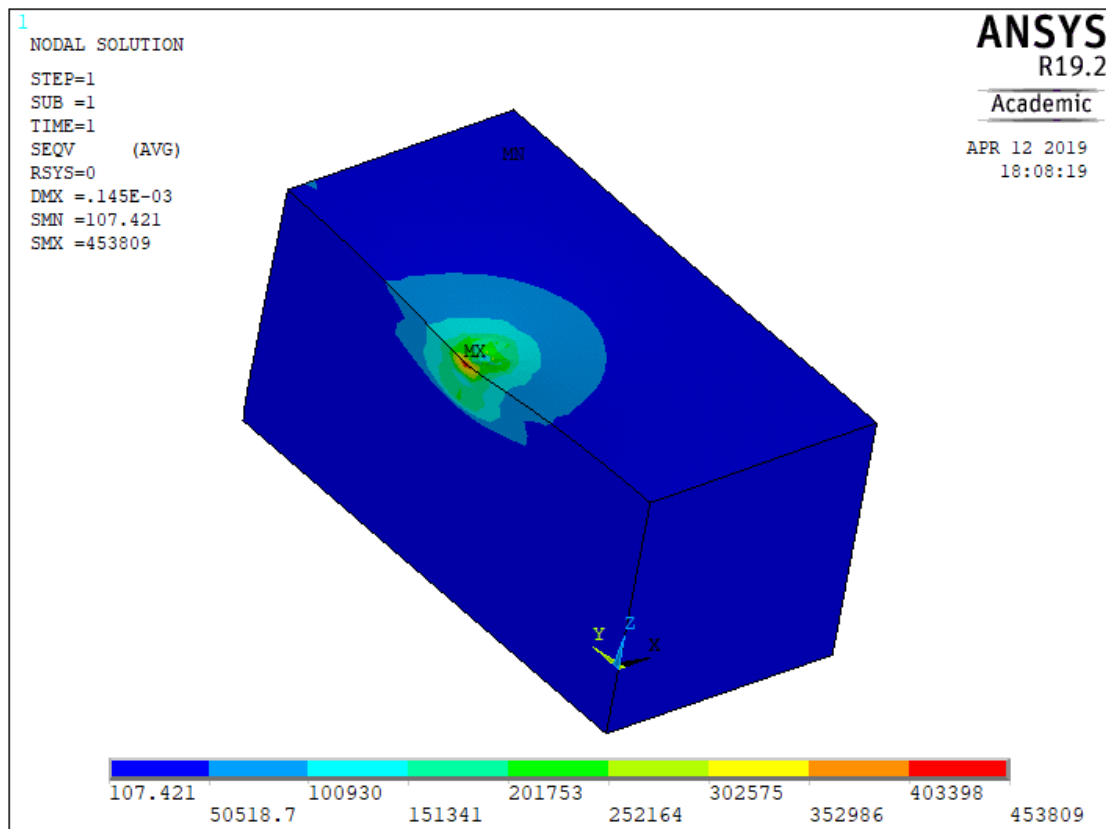


Figura 4-27. Tensión de Von Mises obtenidas con el modelo utilizado con ANSYS.

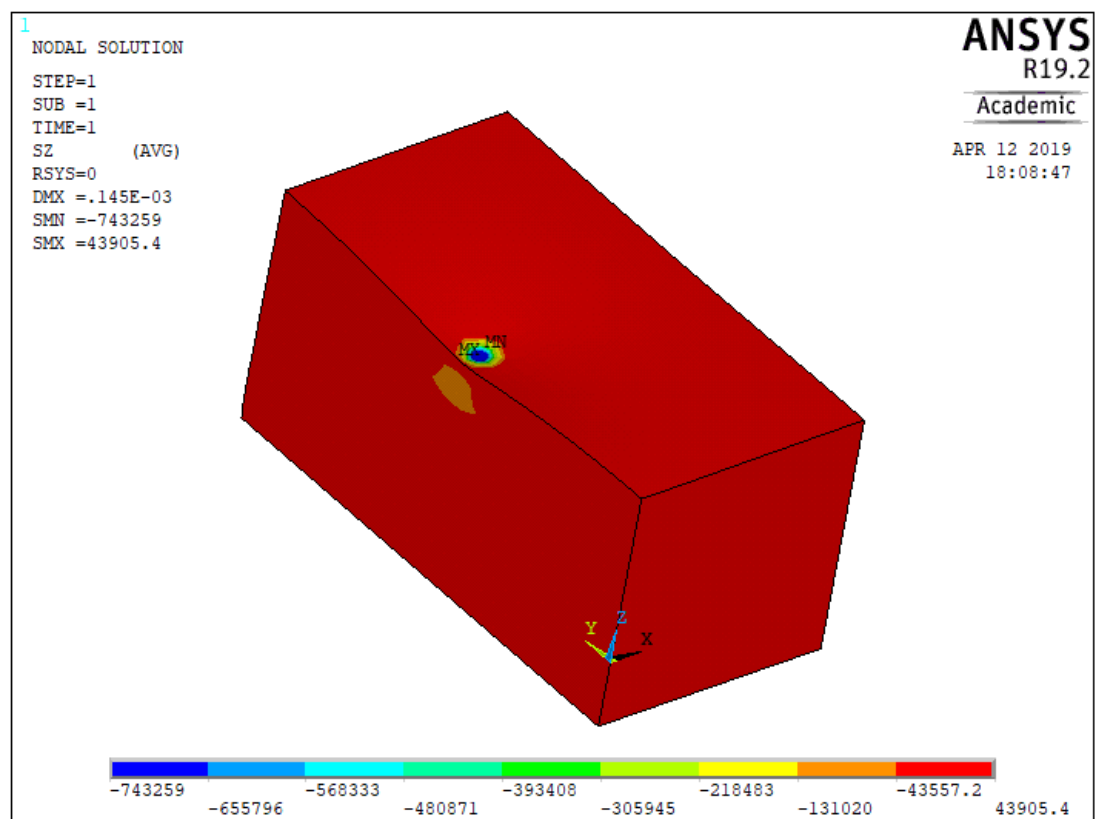


Figura 4-28. Tensión vertical obtenida mediante el modelo utilizado con ANSYS

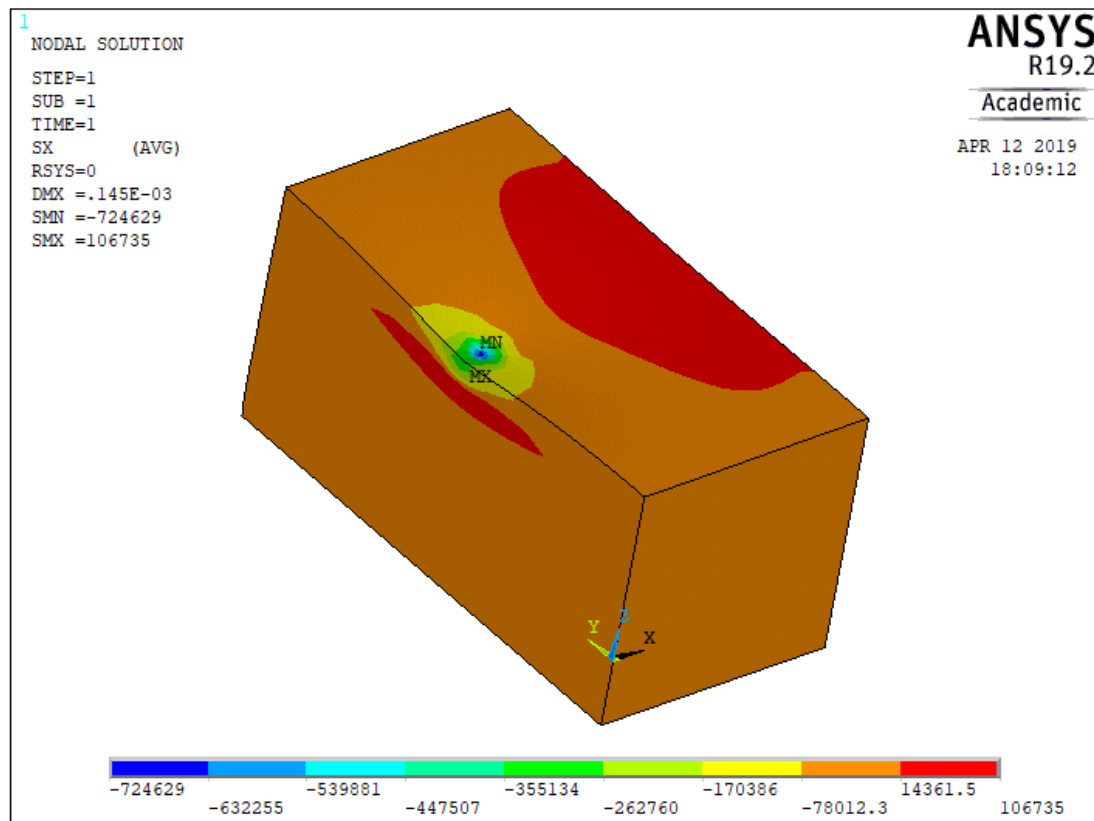


Figura 4-29. Tensión radial obtenida con el modelo utilizado con ANSYS

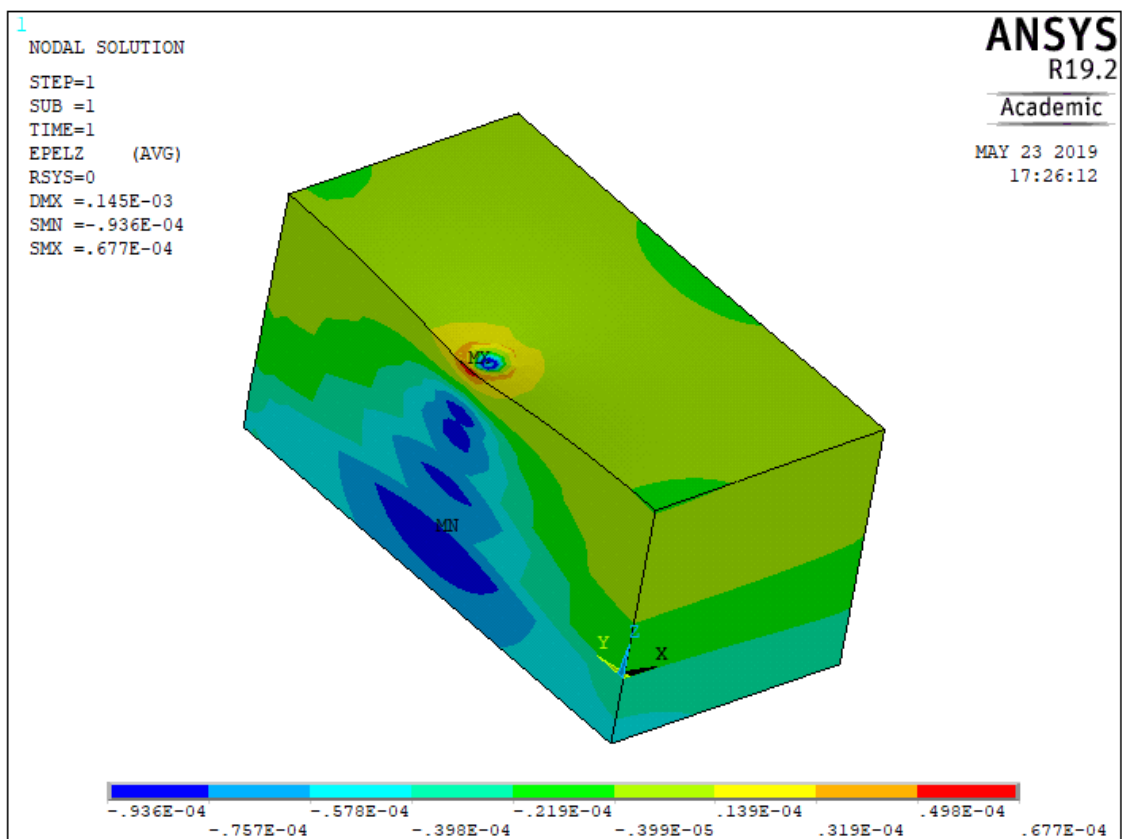


Figura 4-30. Deformación vertical obtenida con el modelo utilizado con ANSYS



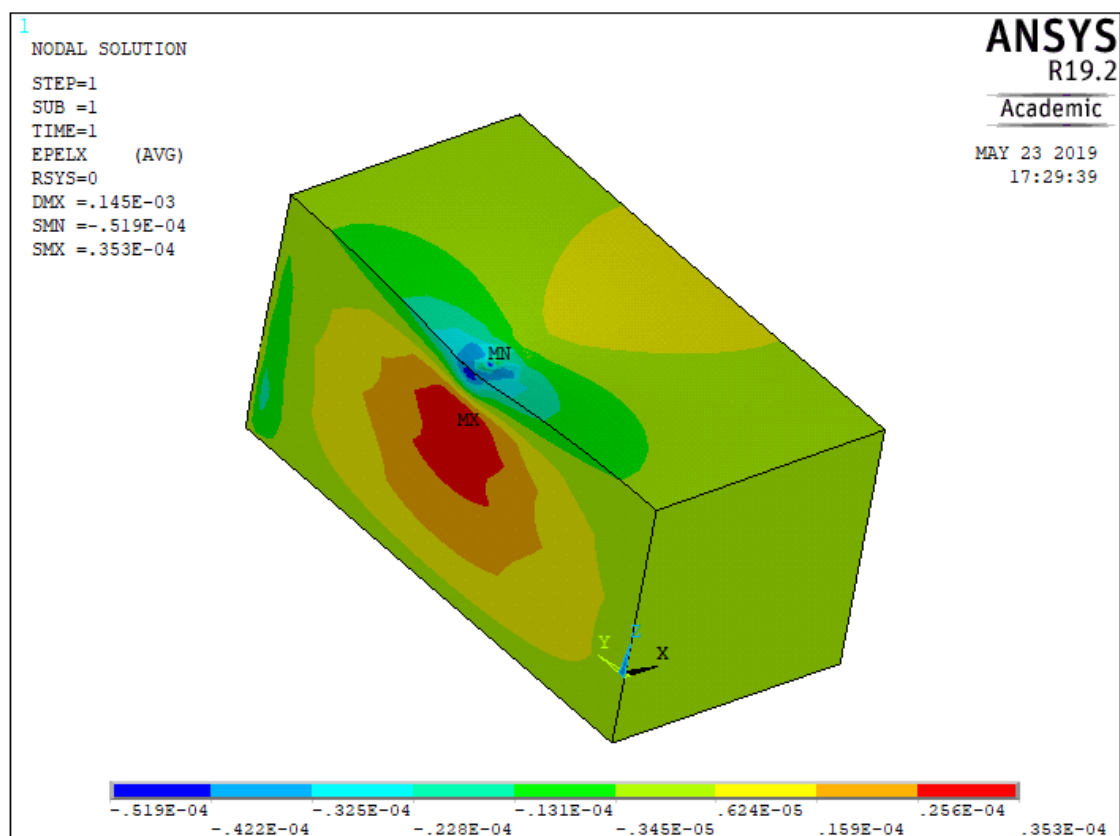


Figura 4-31. Deformación radial obtenida con el modelo utilizado con ANSYS

Con los resultados obtenidos con ANSYS, los cuales se pueden observar en el apartado 8.3.4, se puede decir que la sección de firme propuesta satisface los requerimientos que la norma 6.1 I.C dictaminan.

#### 4.3.4 Análisis comparado de los resultados de la sección 121

Para poder realizar un análisis más profundo de la posible convergencia de los resultados obtenidos por los tres programas utilizados en este caso de estudio, se adjuntan unas gráficas con los resultados obtenidos de cada uno de ellos.<sup>7</sup>

No se ha procedido a comparar estos cálculos con los de ICAFIR debido a que el programa utiliza una categoría de cemento superior y, por tanto, la sección no cumple (tal y como se explicó en profundidad en el apartado 4.3.1).

Hay que tener en cuenta que en todos los análisis que se van a realizar, el criterio de signos adoptado implica que los valores positivos se referirán a compresiones en el caso de las tensiones y de acortamientos del elemento en el caso de las deformaciones, y los valores negativos se referirán a tracciones en el caso de las tensiones y de alargamientos en el caso de las deformaciones. Otro aspecto para tener en cuenta es que los programas nos entregan valores puntuales de respuesta, no ofrecen información de qué es lo que sucede entre dos puntos calculados. Las líneas rectas que se han utilizado a lo largo del estudio han sido suposiciones que se han realizado para poder representar gráficamente las soluciones que los programas ofrecen. En el caso de ANSYS, como se ha supuesto un comportamiento elástico-lineal y el modelo utilizado ha sido de elaboración propia, tiene sentido utilizar líneas rectas a modo de representar los resultados. Sin embargo, en el caso de KENPAVE, la hipótesis que se ha propuesto debería de validarse para saber si es correcta o no, al igual que ICAFIR

<sup>7</sup> Se va a realizar la comparación entre los cuatro análisis efectuados (KENPAVE INICIAL, KENPAVE REFINADO, ANSYS185 Y ANSYS186) que se adjuntarán en formato A4 en el apartado 8.3.1 del anejo C8.1 para que se puedan ver y analizar mejor.

si se hubiera podido analizar.

Por último, cabe destacar que las gráficas obtenidas por los resultados de KENPAVE INICIAL y KENPAVE REFINADO son coincidentes en todos los puntos calculados a la misma profundidad. Difieren en aquellos puntos que el primer modelo utilizado por KENPAVE no recogía del obtenido por ANSYS, además de la zona del terreno natural subyacente.

#### 4.3.4.1 Análisis en tensiones verticales

En la Figura 4-32 se pueden observar los cálculos realizados para el caso de las tensiones verticales.

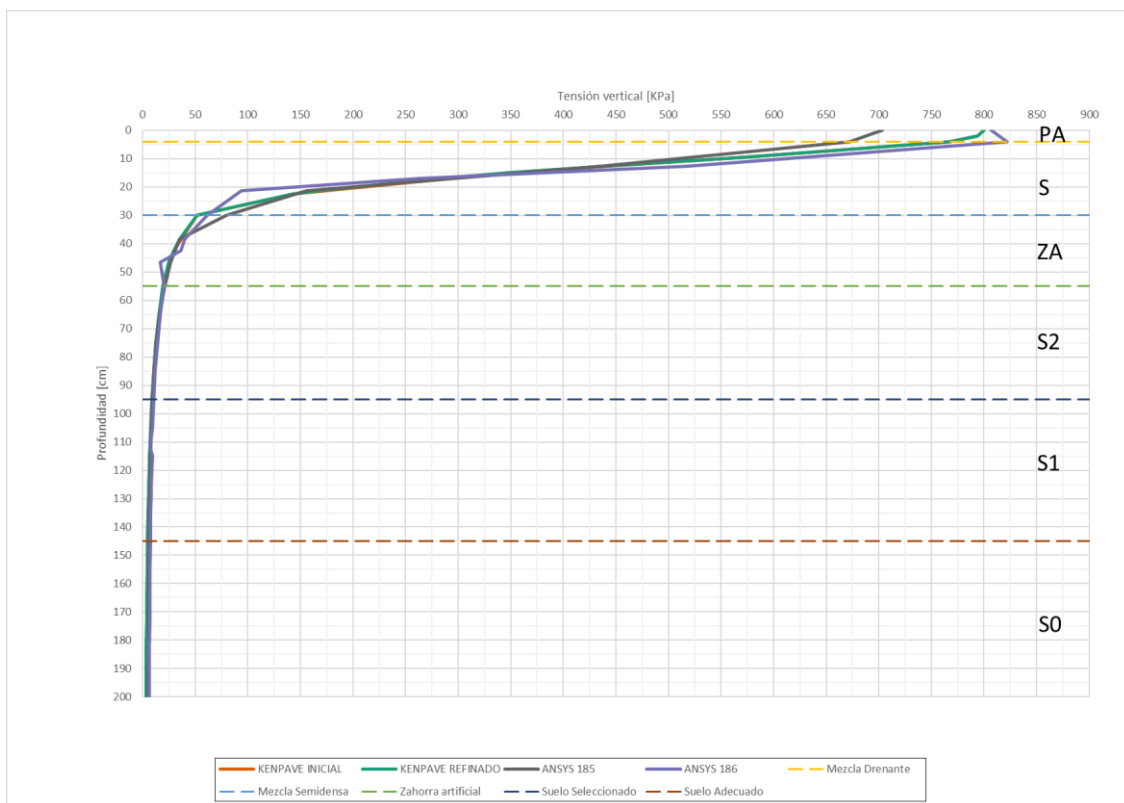


Figura 4-32. Comparación entre los cuatro cálculos en tensiones verticales

Se puede observar que los cálculos tienden a una solución parecida. Sin embargo, en el modelo utilizado por ANSYS186 se puede observar, justo por debajo del punto superficial en el que la presión empieza a hacer efecto, que aumenta la tensión para después seguir las líneas de tendencia del resto de cálculos realizados por los otros programas.

Este crecimiento puede deberse a la malla utilizada en el modelo, ya que se ha realizado con una discretización más simple debido a las limitaciones del programa por la versión educativa utilizada.

Puede observarse también una pequeña variación en el entorno de los 20 cm de profundidad que se debe a lo anteriormente expuesto. Además, se puede comprobar, tal y como se demostró en el apartado 4.3.3, ANSYS185 propone una solución diferente al resto de modelos en la zona de aplicación de la carga.

#### 4.3.4.2 Análisis en tensiones radiales

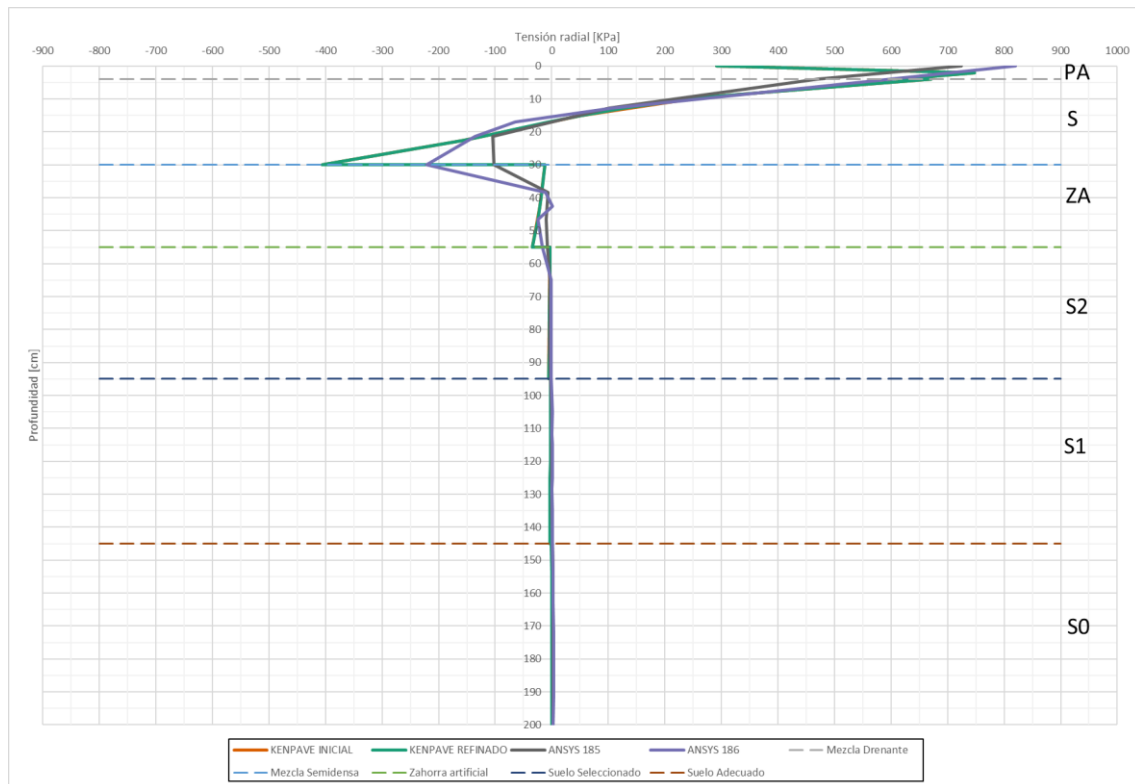


Figura 4-33. Comparación entre los cuatro cálculos en tensiones radiales

En el caso de la comparativa en tensiones radiales, puede observarse que los modelos de 5 capas adoptados por el programa KENPAVE en la zona de contacto del neumático con la sección, donde se pueden apreciar diferencias de 600 KPa entre ambos.

Estos saltos pueden deberse a la de modelización que utiliza KENPAVE, ya que en los casos que se van a exponer se puede observar perfectamente que dichos valores no coinciden con los otros dos modelos, llegando a existir grandes diferencias como en este caso.

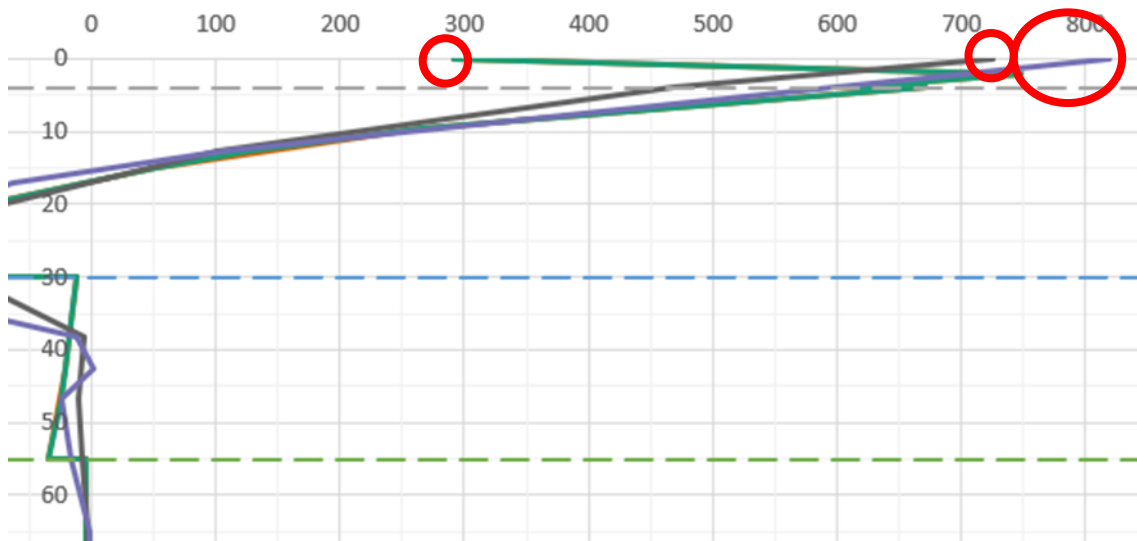


Figura 4-34. Análisis en el punto de contacto del neumático con el firme en tensiones radiales

En los límites entre capas con diferentes materiales se pueden observar unas discontinuidades que quedan representadas mediante líneas horizontales justo por encima de las rectas discontinuas que representan el contacto entre capas. Dichas discontinuidades se deben a que se están realizando saltos

de tensiones de una capa a otra debido a que en todo momento se debe mantener las capas unidas, es decir, hay que garantizar la compatibilidad de desplazamientos en el mismo punto.

Esto quiere decir que un punto ligeramente superior al límite entre capas debe tener unos desplazamientos y, por tanto, unas deformaciones similares a un punto ligeramente inferior a dicho límite.

Si aplicamos la Ley de Hooke debido a que se está suponiendo comportamiento elástico, a igualdad de deformación, una variación en el módulo elástico produce una variación con las tensiones. Como los módulos cambian debido a que tenemos dos materiales distintos, las tensiones cambiarán y se producirán discontinuidades como la que tenemos.

Continuando en la línea de lo expuesto anteriormente, ANSYS en estos casos establece un valor medio entre las tensiones que tienen cada uno de los elementos que permanecen en contacto. En el caso de los límites entre dos materiales diferentes, se puede observar que el modelo utilizado con ANSYS establece un valor prácticamente intermedio entre los valores que los otros dos programas representan en un punto ligeramente superior al límite entre capas y otro ligeramente inferior. Puede observarse este fenómeno en la Figura 4-35. No sucede lo mismo para el modelo ANSYS185 debido a que este modelo se puede ir viendo a lo largo de los análisis que difiere del resto de resultados debido a lo expuesto en el apartado 4.3.3.

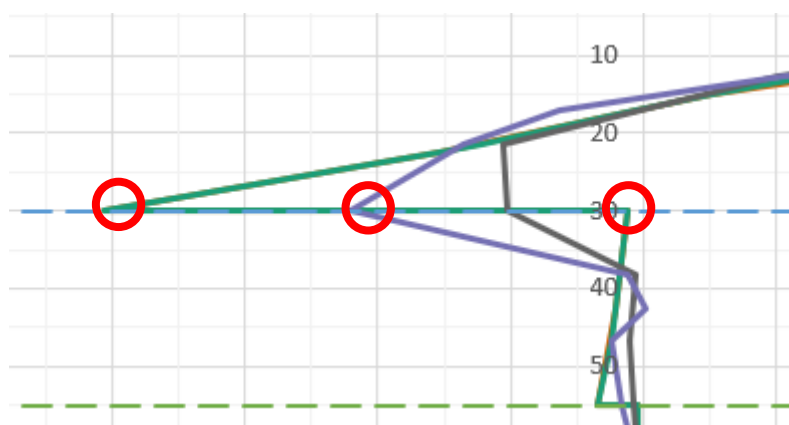


Figura 4-35. Discontinuidad de tensiones radiales en los límites de capas

Las rectas de ambos modelos de ANSYS que se forman justo por debajo del límite del que se estaba hablando, las cuales no coinciden con la recta prácticamente vertical que siguen los otros tres modelos, se debe a que se han dado por válidos los resultados nodales que el programa en cada uno de los nodos empleados.

Se podían haber escogido las soluciones del elemento completo, es decir, que cada nodo tendría cuatro resultados, uno por cada elemento que converge en dicho nodo. No se han utilizado estas soluciones debido a que a la hora de obtener resultados y presentarlos en un gráfico era mucho más cómodo con resultados puntuales debido a que los otros dos programas dan información de tensiones y deformaciones en puntos a una cota determinada.

Si se quisiera un modelo más completo se procedería a utilizar una malla mucho más fina.



Figura 4-36. Resultados nodales de ANSYS, en contraposición de las rectas creadas por KENPAVE

Otro factor que llama la atención es el hecho de que se tengan tracciones en las zonas donde existen materiales granulares, es decir, la zona que la Figura 4-37 indica.

Dichas tensiones se forman debido a que las distintas tensiones y deformaciones principales están relacionadas mediante el módulo de poisson. Como estamos suponiendo que los materiales tienen un comportamiento lineal e isotrópico, al estirar una pieza se produce un estrechamiento en sus direcciones perpendiculares. Como la estructura está cargada verticalmente, entonces se producirá un ensanchamiento en las direcciones perpendiculares debido a la compresión que sufren los elementos. Dichas deformaciones en el plano perpendicular de la carga son las que crean estas tensiones radiales.

Los materiales granulares tienen la característica de que no tienen cohesión, sino que su resistencia depende del coeficiente de rozamiento interno que sus partículas minerales tienen. Esto quiere decir que los suelos no tienen la capacidad de soportar tracciones, ya que se agrietan debido a que su disgregación. Por lo tanto, no puede admitir tracciones el modelo matemático.

Como se ha explicado, los modelos matemáticos presentan tracciones del orden de 10 KPa, tensiones que pueden considerarse pequeñas.

Por lo tanto, se puede resumir que se ha encontrado un resultado no esperado debió a que los materiales granulares no resisten tracciones, pero, al ser valores tan pequeños, no invalida los resultados obtenidos.

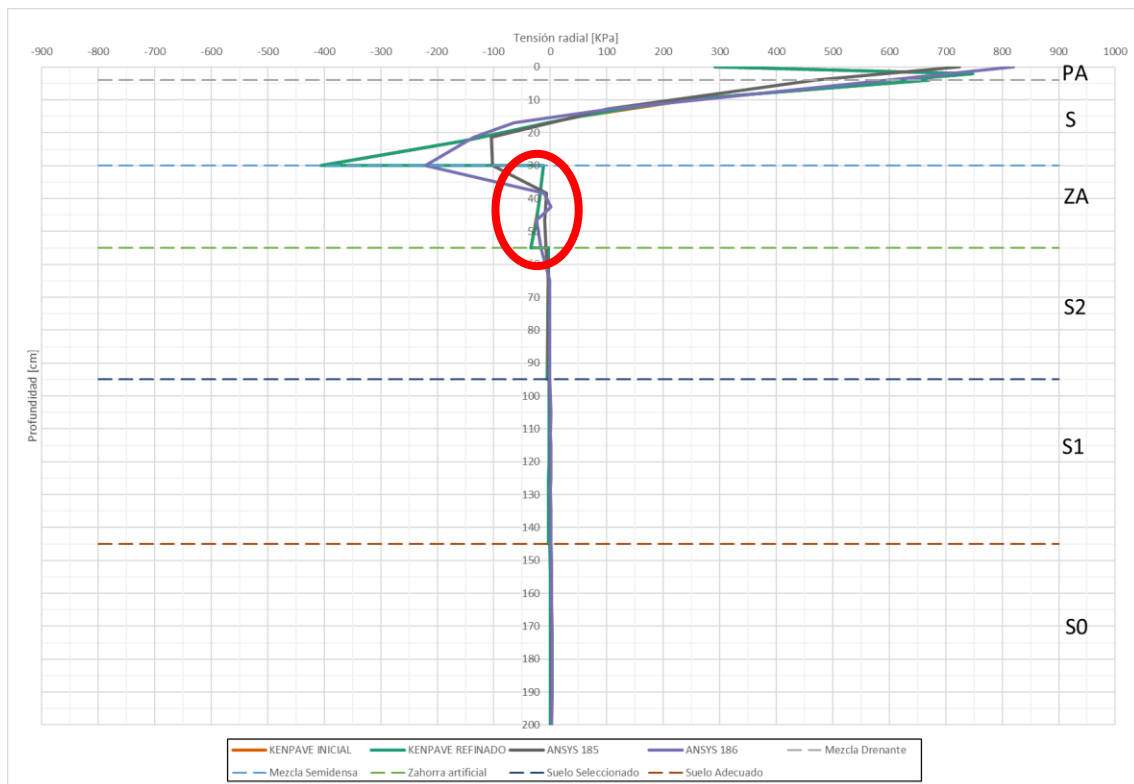


Figura 4-37. Zona en la que las zahorras sufren tracciones

En el manual de KENPAVE utilizado como ayuda para el uso correcto del programa [7] se dice: «estos materiales pueden aquietar tensión de la toma si la tensión es más pequeña que el pre compresión causada por el suelo estático u otros esfuerzos in situ. El módulo elástico de materiales granulares no depende del esfuerzo de carga aisladamente, pero en la combinación del esfuerzo de carga y la pre compresión. No es posible que el esfuerzo horizontal combinado se ponga negativo, porque, cuando se reduce a 0, las partículas se separan y ningún esfuerzo existirá». Además, comenta que «el desarrollo de residuo horizontal se esfuerza debajo repetidas cargas es la llave para la estabilidad del sistema de dos estratos. Porque el pre compresión real varía mucho y es difícil para determinar, es razonable para ajustar los esfuerzos combinados a fin de que el esfuerzo real no exceda de la fuerza del material».

Por lo tanto, se puede finalizar el análisis de este problema diciendo que estos programas calculan las tensiones que, según la teoría aplicada en la modelización de cada uno de ellos, se va a obtener. Pero no tienen en cuenta que los materiales están soportando cargas, además que constructivamente se aplican precompresiones para ayudar a la estabilidad de los materiales granulares. Por tanto, aunque se tengan esfuerzos de tracción en estos materiales, en la práctica y el buen hacer constructivo se aplican precargas, las cuales hacen que se formen en las partículas de estas capas unas tensiones de compresión residuales que tendrán que sobrepasar estos esfuerzos de tracción calculados.

Continuando con el análisis de los métodos, se puede decir que los resultados de los cuatro modelos son muy similares (exceptuando el punto de contacto del que se ha hablado al principio de este capítulo) por encima de la línea límite de la zahorra artificial. Solamente hay un punto a la profundidad de 42.5cm que en el caso de ANSYS toma un valor positivo, es decir, que está a compresión, aunque se está hablando de valores que pueden asimilarse a cero.

### 4.3.4.3 Análisis en deformaciones verticales

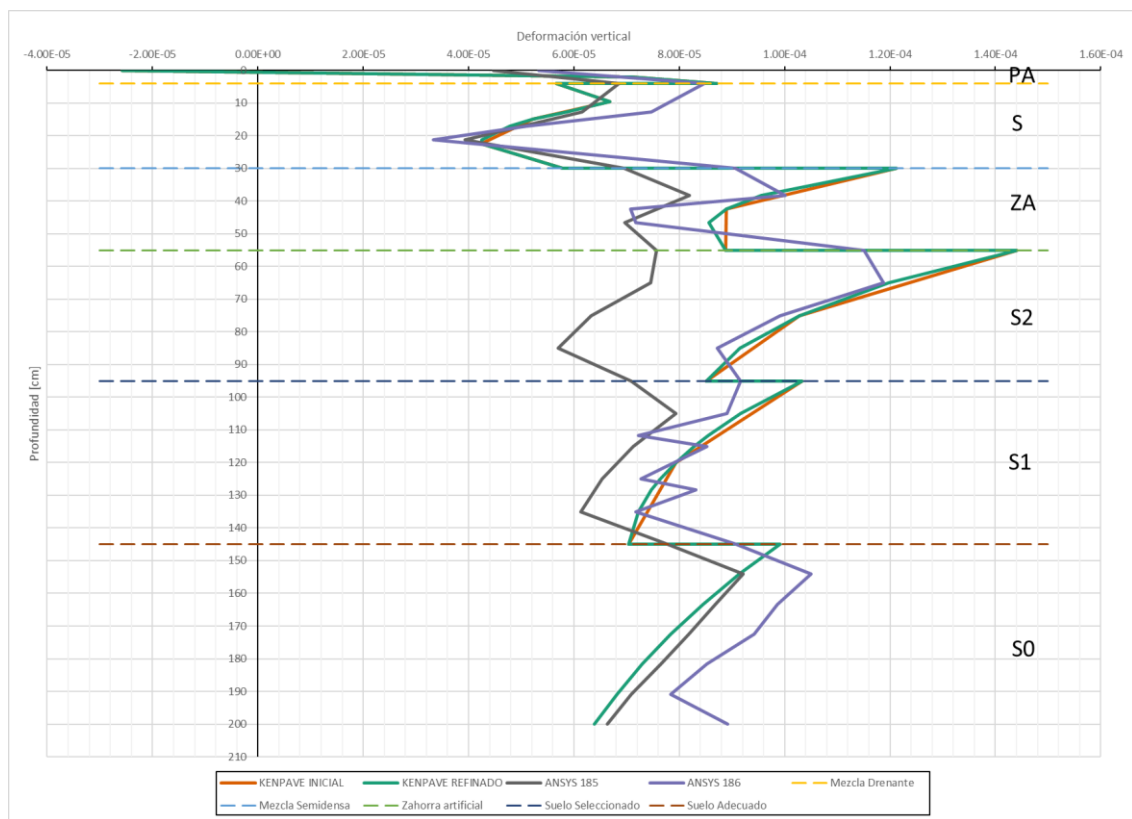


Figura 4-38. Comparación entre los cuatro modelos en deformaciones verticales

En el caso de la comparativa de las deformaciones verticales, puede observarse que los modelos de 5 capas adoptados por el programa KENPAVE difieren con respecto a los modelos de ANSYS en el punto de contacto del neumático con el firme, donde se pueden apreciar diferencias incluso de cambio de signo.

Este cambio es llamativo debido a que, según la configuración de ANSYS, los elementos que se sitúan en el punto de contacto del neumático con el firme estarían sometidos a unas tensiones las cuales producirían el acortamiento de estos, mientras que ambos modelos de KENPAVE proponen que dichas tensiones producen que los materiales se están alargando en dicho punto.

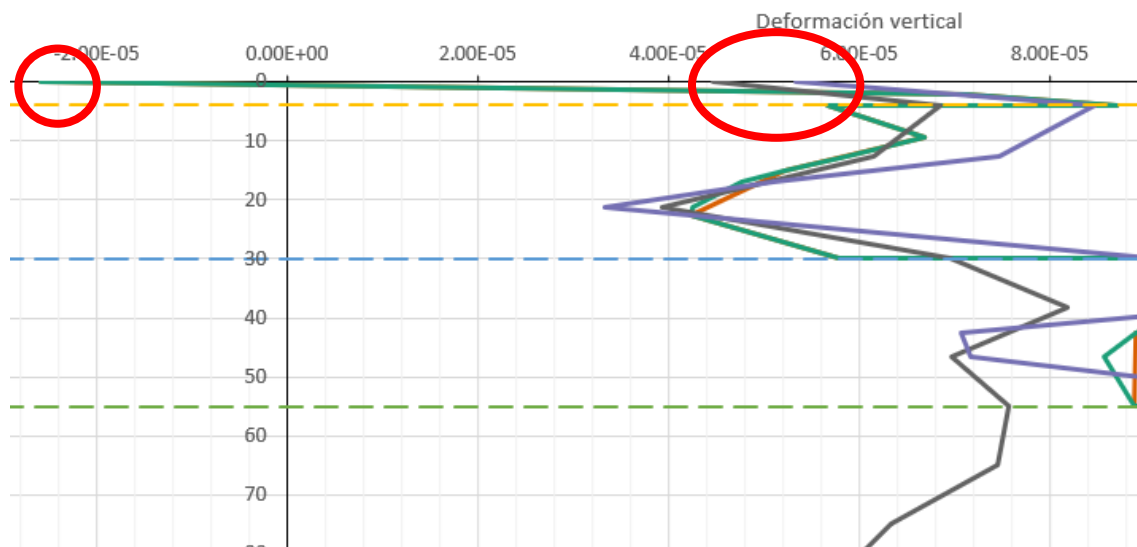


Figura 4-39. Análisis en el punto de contacto del neumático con el firme en deformaciones verticales

En los límites entre capas con diferentes materiales, se pueden observar unas discontinuidades que quedan representadas mediante líneas horizontales. Dichas discontinuidades se deben a que se están realizando saltos de deformaciones de una capa a otra debido a que en todo momento se debe garantizar el equilibrio de fuerzas. Esto quiere decir que un punto ligeramente superior al límite entre capas debe tener unas fuerzas y, por tanto, unas tensiones similares a un punto ligeramente inferior a dicho límite.

Esto se puede observar perfectamente si volvemos a la Figura 4-32, en la cual se puede contemplar que no existen saltos en las tensiones verticales. Si aplicamos la Ley de Hooke debido a que se está suponiendo comportamiento elástico, a igualdad de tensión, una variación en el módulo elástico produce una variación con las deformaciones unitarias. Como los módulos cambian debido a que tenemos dos materiales distintos, las deformaciones cambiarán y se producirán discontinuidades como la que tenemos. Sin embargo, en los desplazamientos habrá continuidad en esos puntos.

Esto se puede observar en la siguiente gráfica, en la que se representan los desplazamientos con los métodos de KENPAVE REFINADO y de ANSYS186 empleados.

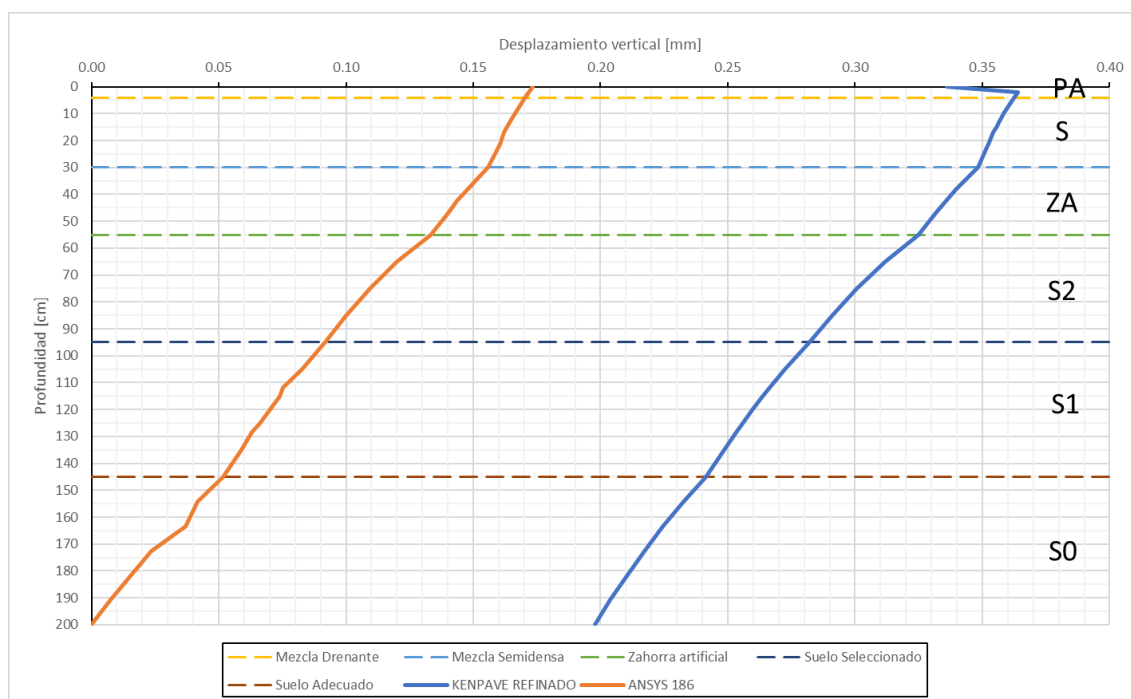


Figura 4-40. Gráfica donde se observa la no discontinuidad de los desplazamientos verticales frente a la profundidad

Cabe destacar que la separación existente entre las dos rectas se debe a que los modelos son diferentes. Por un lado, con ANSYS186 se han utilizado algunas propuestas realizadas en la tesis que se ha utilizado como punto de partida del estudio [12], como la de utilizar algunas de las dimensiones del cajón utilizado en la iista de ensayo del CEDEX, tal y como se explicó en el apartado 4.3.3. Esto quiere decir que se ha tenido que imponer unas condiciones de empotramiento en la base de nuestra sección de firme, cosa que no pasa cuando se estudia con KENPAVE REFINADO debido a que el programa emplea la teoría de Burmister, no existiendo un macizo en la base del problema. Este detalle, como puede observarse a la luz de los resultados que se presentan en el trabajo, no afectan significativamente al cálculo de la respuesta estructural debido principalmente a que el CEDEX utiliza un cajón de hormigón con una profundidad lo suficientemente grande como para que las condiciones de contorno que se utilizan en la base produzcan resultados dispersos.

A la luz de las rectas formadas en la Figura 4-40, puede observarse que los resultados son cualitativamente similares (los resultados son prácticamente paralelos), donde se aprecia una cierta



proporcionalidad de resultados. Por ejemplo, a una profundidad de 42.5cm se obtiene una deformación vertical de 0.3357mm para el caso de KENPAVE y 0.138mm con ANSYS186, y a una profundidad de 46.667cm, 0.3321 y 0.1344mm respectivamente. Recordando la ecuación que establece la compatibilidad procedente de la Teoría de la Resistencia de Materiales para barras a tracción y compresión simple (por facilidad de demostración), tenemos los resultados obtenidos por las ecuaciones 4-5 y 4-6.

$$\varepsilon_{KENPAVE\ REFINADO} = \frac{\Delta l}{l} = \frac{0.3321 - 0.3357}{466.667 - 425} = 8.640 * E^{-5} \quad 4-5$$

$$\varepsilon_{ANSYS186} = \frac{\Delta l}{l} = \frac{0.1344 - 0.138}{466.667 - 425} = 8.64 * E^{-5} \quad 4-6$$

Las deformaciones serán muy similares exceptuando en el punto de contacto de la rueda con el firme, cosa que se puede observar perfectamente en la Figura 4-39.

Continuando en la línea de lo expuesto anteriormente, ANSYS186 en estos casos establece un valor medio entre las deformaciones que tienen cada uno de los elementos que permanecen en contacto. En el caso de los límites entre dos materiales diferentes, se puede observar que el modelo utilizado con ANSYS186 establece un valor prácticamente intermedio entre los valores que los cálculos de KENPAVE INICIAL y KENPAVE REFINADO representan en un punto ligeramente superior al límite entre capas y otro ligeramente inferior.

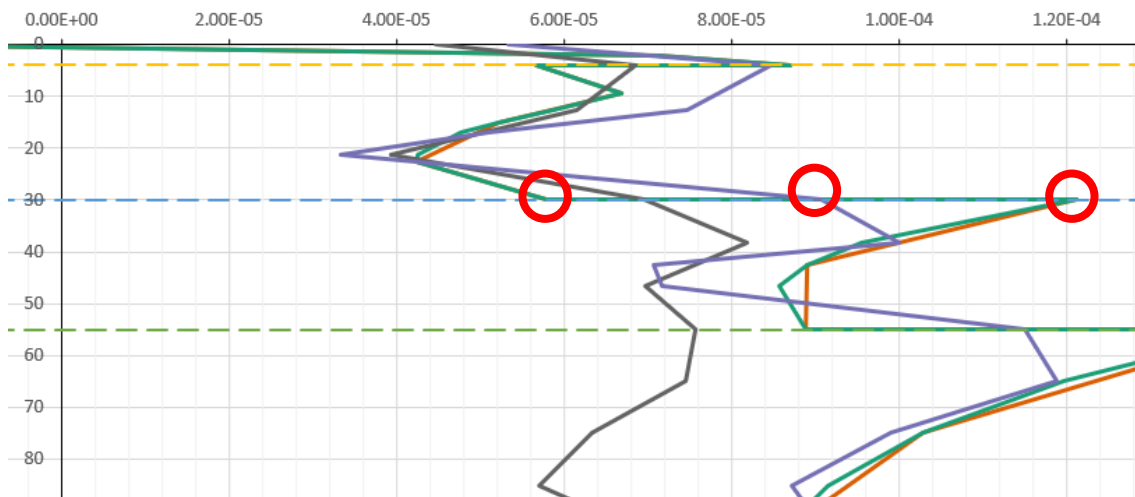


Figura 4-41. Ejemplo de discontinuidad de deformaciones verticales en los límites de capas

Las rectas del modelo de ANSYS formadas en los límites entre capas, las cuales no coinciden con la que siguen los cálculos del programa KENPAVE, se deben a que se han dado por válidos los resultados nodales que el programa ofrece en cada uno de los nodos empleados. La explicación se basa en el mismo criterio que se explicó en el apartado 4.3.4.2.

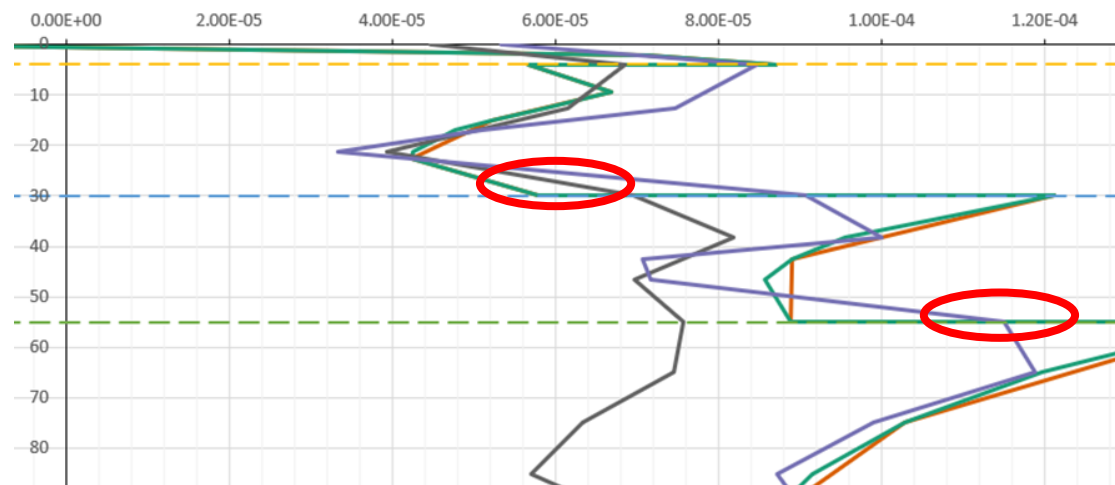


Figura 4-42. Rectas formadas debido al uso de resultados nodales con los cálculos de ANSYS

Por último, cabe analizar las soluciones de ANSYS186 y de KENPAVE REFINADO, para la cual se puede observar que el segundo modelo, al ser más completo que KENPAVE INICIAL, permite un análisis más profundo ya que, al obtener mayor número de valores, permite observar la tendencia de las líneas representadas, las cuales se explicaron en la página 33 del apartado 4.3.4 que se han representado como rectas entre los valores de los puntos calculados por los programas por elección propia, ya que ninguno de los programas indican de forma explícita el tipo de tendencia que deben de seguir el resto de puntos intermedios.

La tendencia que sigue la solución de KENPAVE REFINADO es similar a la de ANSYS186, ya que se puede observar que ambos modelos describen resultados parecidos. Cabe explicar que algunos de dichos valores, sobre todo en la zona de los picos, no son similares, de tal forma que se pueden observar discrepancias en cuanto al valor de este, tal y como se puede observar en la Figura 4-43.

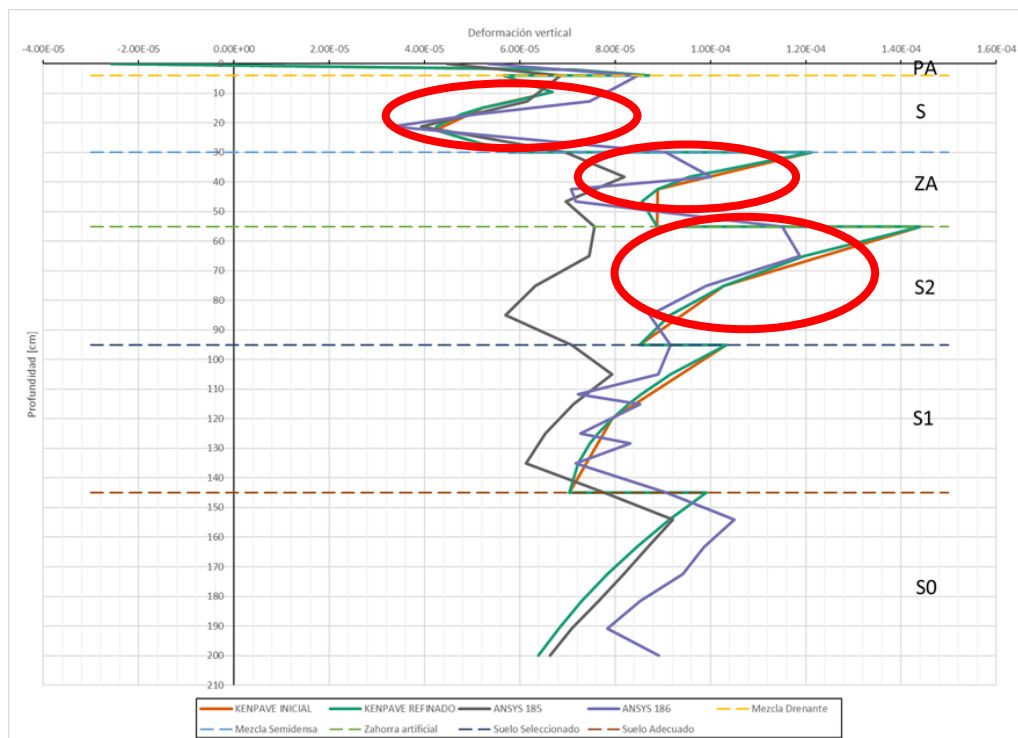


Figura 4-43. Zonas donde KENPAVE REFINADO y ANSYS186 obtienen soluciones similares

Otro aspecto que destacar ocurre en la zona del suelo adecuado de la explanada de nuestro esquema de firme a estudiar, en la cual se producen continuos saltos en el caso del modelo de ANSYS. Sin embargo, se puede observar que dichos saltos convergen a la solución planteada por el modelo de KENPAVE.

Por último, queda la zona del terreno natural subyacente a nuestro estudio. En dicha zona puede observarse que KENPAVE REFINADO y ANSYS186 no coinciden, pero que cualitativamente describen rectas parecidas. Esto se debe a lo expuesto anteriormente en referencia a los desplazamientos en la Figura 4-40. En este caso se puede observar perfectamente que se ha utilizado una profundidad lo suficientemente grande como para que la base del modelo de ANSYS186, la cual tiene una condición de contorno de empotramiento perfecto, no afecte al cálculo de las deformaciones del firme a estudiar.

Como se dijo anteriormente, en el caso de que se hubiera impuesto un empotramiento en la modelización de KENPAVE REFINADO, al igual que pasaba con los desplazamientos, las deformaciones serían más similares en esta zona. Sin embargo, el modelo de ANSYS185 tiende más a la solución de KENPAVE REFINADO que ANSYS186, tal y como se puede contemplar en la Figura 4-44.

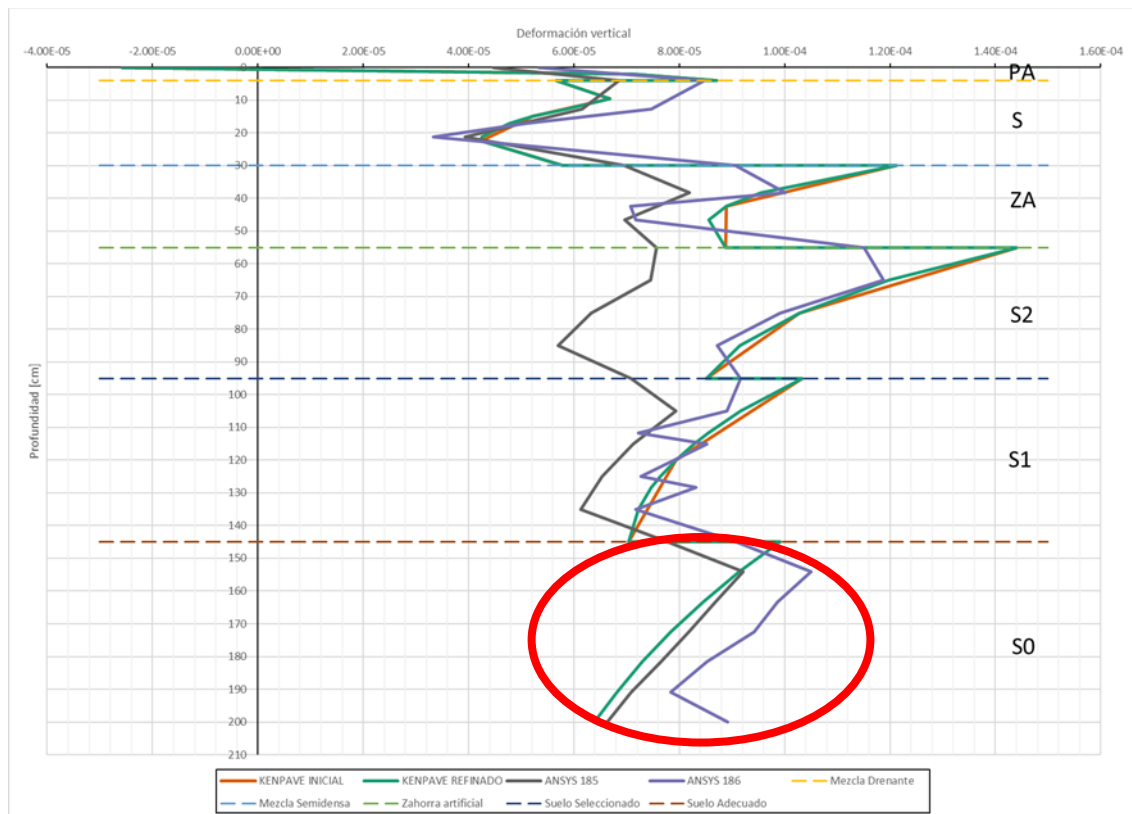


Figura 4-44. Análisis en la zona del terreno natural subyacente entre el modelo de KENPAVE REFINADO Y los dos modelos de ANSYS

#### 4.3.4.4 Análisis en deformaciones radiales

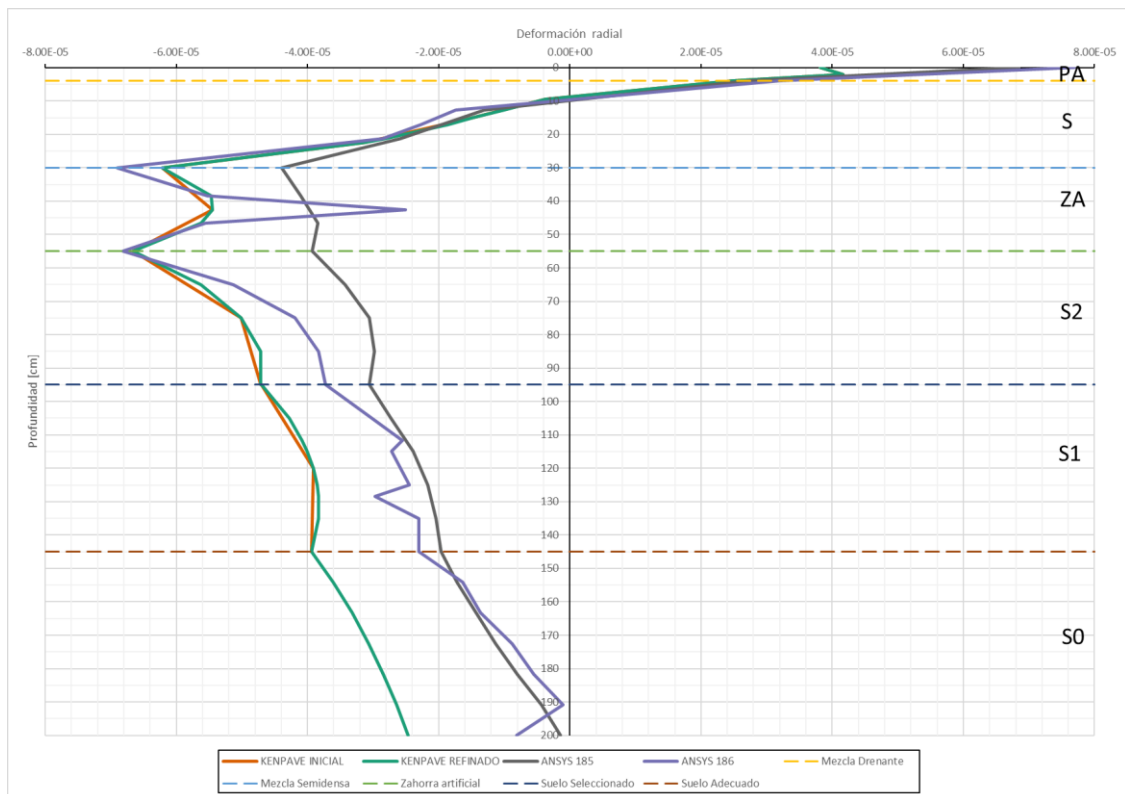


Figura 4-45. Comparación entre los tres modelos en deformaciones radiales

Por último, en el caso de la comparativa de las deformaciones radiales, puede observarse que los modelos de 5 capas adoptados por el programa KENPAVE difieren con respecto a los modelos de ANSYS en el punto de contacto del neumático con el firme, como pasa en el resto de comparativas que se han realizado a excepción de las tensiones verticales en el apartado 4.3.4.1.

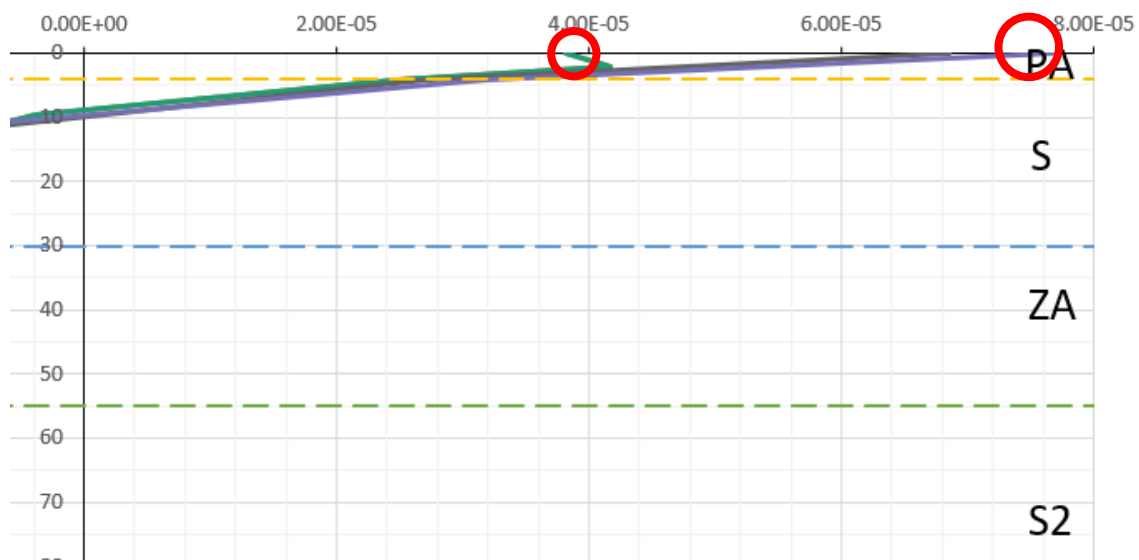


Figura 4-46. Análisis en el punto de contacto del neumático con el firme en deformaciones radiales

Como tuvimos discontinuidades cuando hablamos de las tensiones radiales en las zonas límites entre dos elementos compuestos de diferentes materiales, lo cual se puede ver en el apartado, en el caso de las deformaciones radiales tendremos gráficas continuas, es decir, las deformaciones radiales en

dichos límites entre capa serán iguales en un punto ligeramente superior a dicho límite y ligeramente inferior.

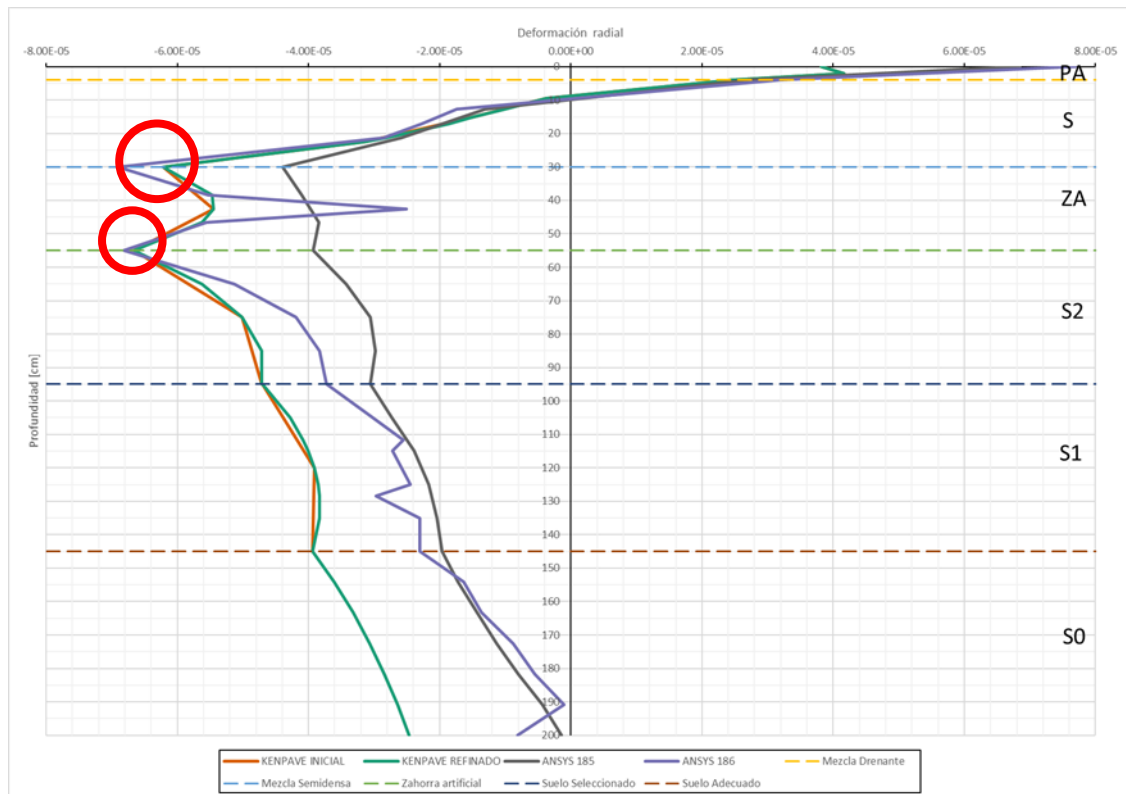


Figura 4-47. Ejemplos de continuidad de deformaciones radiales en los límites de capas

Si se procede a comparar los resultados del modelo de ANSYS186 con los de KENPAVE INICIAL Y REFINADO difieren en la recta límite entre la mezcla semidensa y la capa de zahorra. Sin embargo, en la recta límite entre la mezcla semidensa y las zahorras los modelos vuelven a converger. La diferencia de resultados se debe a que la configuración seguida por el modelo de ANSYS186 y el de KENPAVE son distintas, de tal forma que los resultados obtenidos por cada modelo son diferentes. Cabe destacar que el modelo de ANSYS185 presenta resultados muy diversos a los del resto de cálculos, por eso, obviaremos su análisis en lo que queda de estudio.

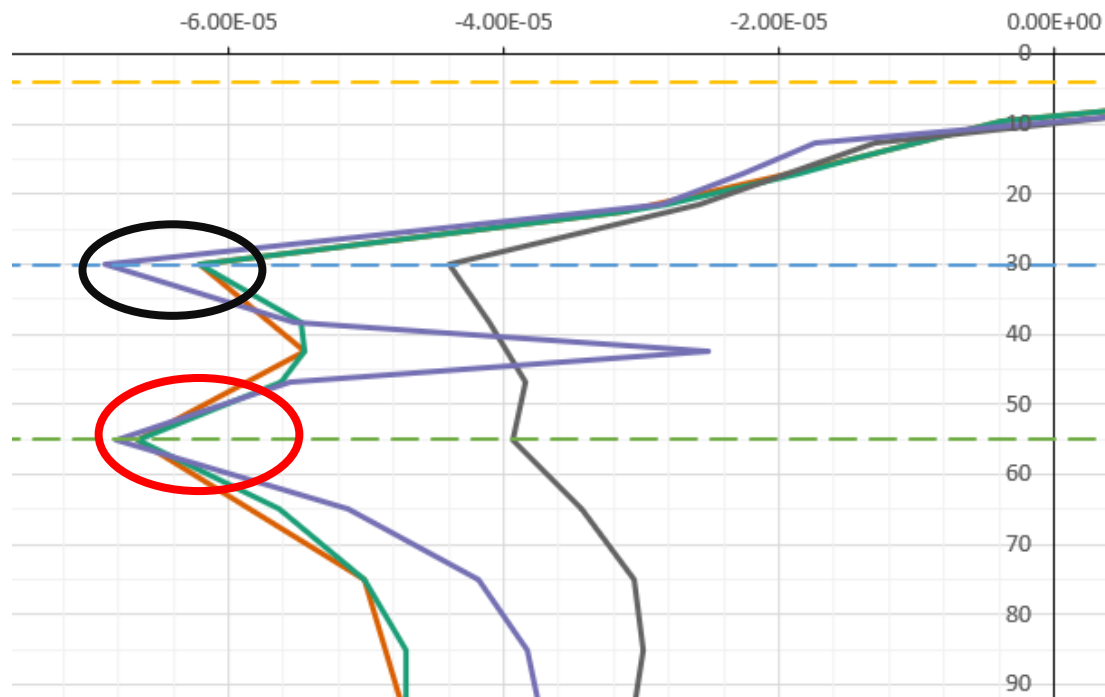


Figura 4-48 Círculo negro: diferencia entre ANSYS186-KENPAVE REF en el límite de las mezclas semidensas-zahorras; círculo rojo: los modelos vuelven a converger en el límite de las zahorras-suelo seleccionado.

La recta del modelo de ANSYS186 empieza siendo muy parecida a la de los modelos de KENPAVE hasta llegar a un pico situado en la capa de las zahorras, alcanzando valores de hasta el doble de deformación.



Figura 4-49. Diferencia significativa entre los modelos de ANSYS y los de KENPAVE  
A partir de la explanada, el modelo de ANSYS186 empieza a alejarse de forma significativa al de

KENPAVE REFINADO, aunque ambas curvas pueden decirse que cualitativamente son similares. Estas ligeras diferencias pueden deberse a la forma en la que los programas obtienen los resultados.

Puede deberse a la forma de redondeo que ambos programas pueden tener. Si un programa redondea en una cifra significativa y el otro, por ejemplo, en un número que sea de un orden de magnitud inferior, se hablará de una variación la cual tampoco es excesiva, pero si suficiente como para que las curvas aparezcan una separada de la otra. La razón por la que sucede este fenómeno corresponde con la misma que explicaba el apartado 4.3.4.2, es decir, que el imponer la condición de empotramiento en la base de los modelos de ANSYS hace que los resultados se dispersen, pero que si se impone dicha condición de contorno en el modelo de 5 capas de KENPAVE REFINADO, se obtendrían resultados similares. Al establecer la hipótesis de extensión horizontal infinita, los resultados de las tensiones y de las deformaciones radiales no se ven afectados por la condición que impide la penetración de los elementos en las paredes verticales que contienen el problema a estudiar.

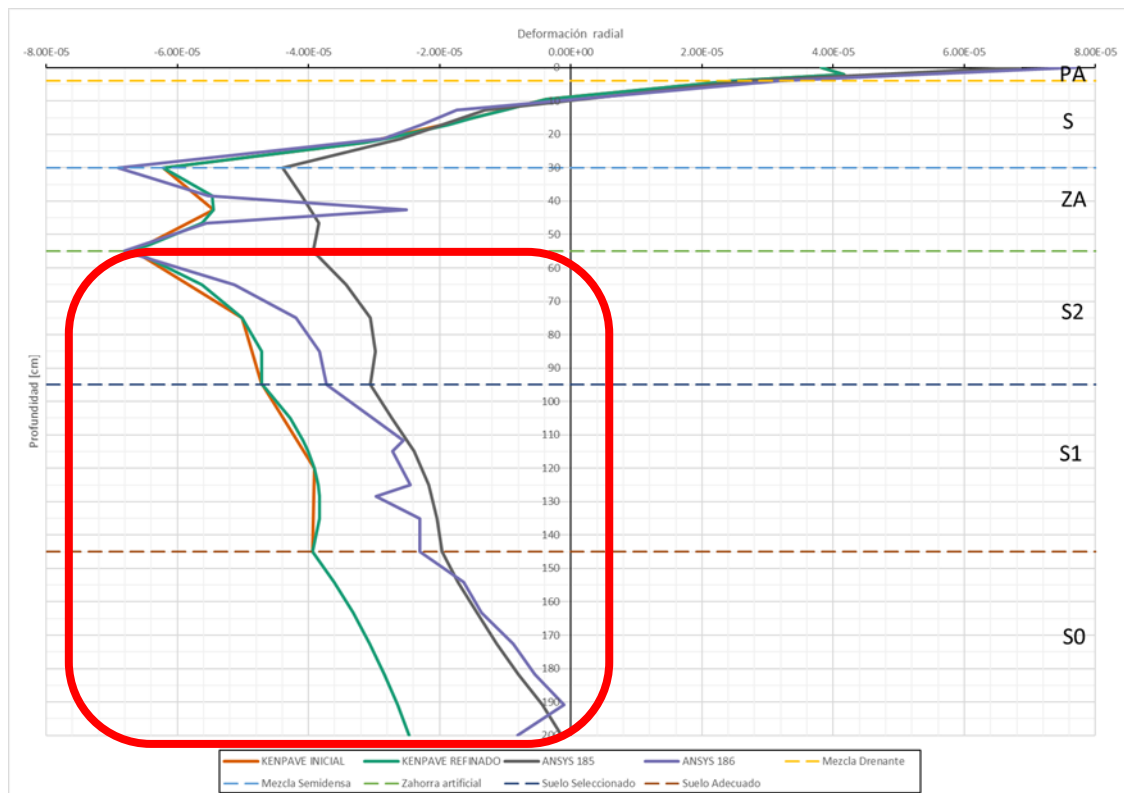


Figura 4-50. Zona en la que los modelos de KENPAVE y ANSYS se dispersan

Por último, cabe destacar que en casi todos los cálculos se están obteniendo alargamientos. Como se adelantó en el apartado 4.3.4.2, existen tensiones de tracción en la zona de las zahorras, las cuales se caracterizan por ser materiales que no tienen cohesión. Las tracciones traen alargamientos en los materiales que sufren dichas tensiones.

### 4.3.5 Cálculo de la fatiga

En los anteriores apartados se ha realizado un análisis tenso-deformacional estático en la aplicación de una sola carga de la sección a estudiar, pero en ningún momento se ha hablado sobre los criterios de fallo de la sección producidos por la fatiga debida al tránsito de vehículos<sup>8</sup>.

En este apartado, se procederá a determinar el tráfico límite que puede soportar la sección según la norma andaluza [6], cuyos criterios de fallo se explicaron en el apartado 4.1.1.1. En este caso, se tiene un firme formado por mezclas bituminosas en caliente, luego el criterio de fallo será la máxima deformación de tracción radial. Por otro lado, habrá que comprobar el criterio de fallo del cimient, por lo que se utilizará la máxima deformación vertical en la cara superior de la explanada.

Cabe destacar que, para realizar los cálculos, se ha procedido, en el caso de ANSYS, a listar al completo todos los nodos pertenecientes a la mezcla semidensa para el caso del fallo del firme (en el apartado se explica por qué solo esta capa), ya que el programa es capaz de obtener los resultados máximos y mínimos tanto de tensiones como de deformaciones, y para el criterio de fallo de la explanada se ha procedido a escoger todos los nodos que se encuentran en el plano límite entre la explanada y el firme. Para el caso de KENPAVE, se ha procedido a la búsqueda manual de dichos valores. Cabe destacar que han coincidido en el centro de la rueda correspondiente al punto de estudio número 7 de KENPAVE.

Por último, este apartado se va a realizar con los modelos SOLID186 y KENPAVE REFINADO debido a que son los más representativos de cada uno de los resultados obtenidos por cada programa y a que los de ICAFIR no se pueden representar debido a que el programa nos indica que la sección no está bien dimensionada.

#### 4.3.5.1 Criterio de fallo de la capa de firme

En la Tabla 4-7 se pueden observar los nuevos datos de deformaciones radiales máximas de tracción obtenidos en la zona de contacto de la capa de las mezclas semidensas con la de zahorra artificial.

Utilizando la ley de fatiga que la norma andaluza [6], la cual se puede observar en la ecuación 4-7, establece para mezclas bituminosas, la cual se pueden observar en el apartado 4.1.1.1, y calculando un coeficiente de seguridad, el cual queda definido por la división del número de ejes calculados (N) entre el número de ejes de proyecto (en este caso 10.000.000), se obtienen los resultados de la Tabla 4-7.

$$\varepsilon_z = 6.920 * 10^{-3} * N^{-0.27243} \quad 4-7$$

|                                       | KENPAVE REFINADO | ANSYS 186  |
|---------------------------------------|------------------|------------|
| $\varepsilon_{\text{max}}$ (tracción) | 6.505E-05        | 8.0607E-05 |
| N (MEE <sub>13T</sub> )               | 27.538           | 12.534     |
| Coef de seguridad                     | 2.754            | 1.253      |

Tabla 4-7. Resultados del criterio de fallo del firme utilizando las leyes de fatiga propuestas por la norma andaluza

Cabe destacar que los resultados del número de ejes se representan en millones de ejes equivalentes

<sup>8</sup> En el anejo B, el cual se puede encontrar en el apartado 8.2, se ha realizado una explicación sobre cómo obtener el tráfico equivalente de proyecto según la norma andaluza [6], además de los cálculos realizados para saber de dónde sale la magnitud de tráfico de proyecto que se ha utilizado.



de tipo 13 toneladas.

Se puede observar por tanto que ANSYS186 es el modelo que obtiene un coeficiente de seguridad menor, siendo un modelo desde este punto de vista más arriesgado.

Para finalizar con este apartado, se ha procedido a realizar un análisis de distintas leyes de fatiga de mezclas bituminosas a modo de comparación con la de la norma andaluza [6]. Se han querido comparar dichas leyes de fatiga con las siguientes propuestas:

- Norma 6.1 I.C [1]

$$\varepsilon_z = 6.925 * 10^{-3} * N^{-0.27243} \quad 4-8$$

- Ley de fatiga seguida por el método SHELL según el documento «Estudio Técnico-económico de las secciones estructurales para firmes de carreteras» [13].

$$\varepsilon_z = 2.852 * 10^{-3} * N^{-0.2} \quad 4-9$$

- Fórmula del CEDEX incluida en algunos trabajos del «Programa de Investigación COST324» [14].

$$N = 9.06 * 10^{-9} * \varepsilon_z^{-3.6706} \quad 4-10$$

- El método SHELL incluido por el CEDEX en 1986 para la norma 6.1 I.C y la 6.2 I.C/89 [15].

$$N = 1.02 * 10^{-13} * \varepsilon_z^{-5} \quad 4-11$$

Para demostrar que la respuesta que los distintos materiales ofrecida por las distintas leyes de fatiga pueden ser muy distintas según cual se elija, se adjunta la Figura 4-51, ya que ese intervalo es el que nos interesa a nivel de estudio (hablamos de 10MEE<sub>13t</sub>). Cabe destacar que, al ser tan parecidos los resultados proporcionados por las leyes de la norma andaluza y de la norma 6.1 I.C, no se pueden distinguir las diferencias de ambas en dicho gráfico.

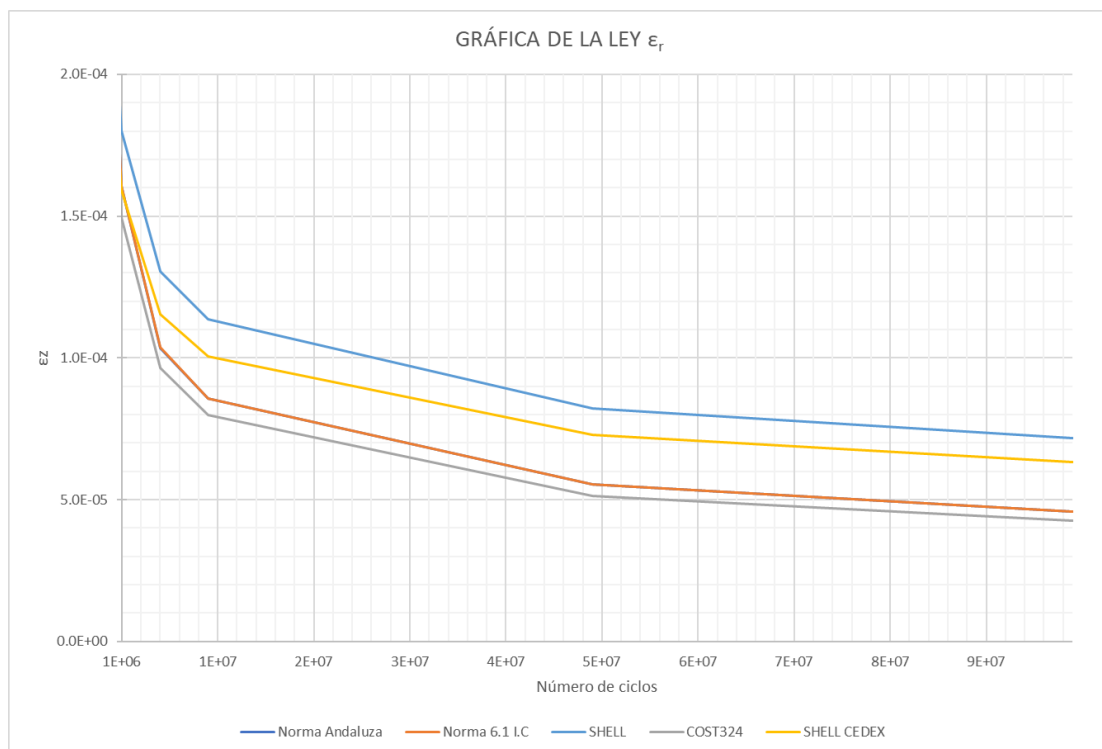


Figura 4-51. Leyes de fatiga empleadas

La norma andaluza y la norma 6.1 I.C dan resultados prácticamente iguales, mientras que las leyes

propuestas por otros autores dan resultados diferentes.

En la Tabla 4-8 se pueden comprobar los valores del número de ejes calculados para producir el fallo del firme en la zona de contacto de la capa de las mezclas bituminosas con la de zahorra artificial con las leyes de fatiga anteriormente expuestas.

|                                    | KENPAVE REFINADO | ANSYS 186    |
|------------------------------------|------------------|--------------|
|                                    | $\epsilon_r$     | $\epsilon_r$ |
| $\epsilon_{\text{max}}$ (tracción) | 6.5050E-05       | 8.0607E-05   |
| N (Norma Andaluza)                 | 27.538           | 12.534       |
| N (Norma 6.1 I.C)                  | 27.611           | 12.567       |
| N (SHELL)                          | 161.999          | 55.448       |
| N (CEDEX- COST324)                 | 21.136           | 9.620        |
| N (SHELL CEDEX)                    | 87.572           | 29.973       |

Tabla 4-8. Número de ejes que producen el fallo según las leyes de comportamiento propuestas por diferentes autores. Resultados en MEE13T.

Se va a exponer una tabla en la que se van a presentar los coeficientes de seguridad calculados para poder realizar una comparativa más sencilla entre las distintas leyes de fatiga utilizadas. Para facilitar esta comparativa, se van a presentar solamente los coeficientes de seguridad obtenidos mediante los cálculos realizados con ANSYS186. Su elección se debe a que anteriormente se dijo que sus resultados eran los más peligrosos de este apartado.

|                    | Coef de seguridad |
|--------------------|-------------------|
| N (Norma Andaluza) | 1.253             |
| N (Norma 6.1 I.C)  | 1.257             |
| N (SHELL)          | 5.545             |
| N (CEDEX- COST324) | 0.962             |
| N (SHELL CEDEX)    | 2.997             |

Tabla 4-9. Coeficientes de seguridad con respecto a los resultados de ANSYS186

A la vista de los resultados, se puede comprobar que la norma 6.1 I.C[1] es un poco menos arriesgada que la norma andaluza [6] con respecto a la ley de fatiga que proponen cada una de ellas, pero proponen resultados muy similares.

Por otro lado, se pueden comprobar leyes de comportamiento muy conservadoras en comparación con la de la norma andaluza, como puede ser la del método SHELL o la del método SHELL utilizada por el CEDEX. Estos saltos significativos se deben a que son leyes de comportamiento se propusieron con una base de datos utilizada para crear estas leyes que era lo suficientemente representativa como para poder sacar resultados concluyentes.

Sin embargo, se puede observar que la ley de fatiga utilizada por el CEDEX en la acción COST324 es la más restrictiva, llegando al punto de que se obtiene un resultado en el que claramente se puede observar que el firme va a fallar antes de lo que dice la norma 6.1 I.C y la norma andaluza.

#### 4.3.5.2 Criterio de fallo del cimiento del firme

En la Figura 4-52 se procede a mostrar los resultados de las deformaciones verticales en la cara superior del cimiento según los cálculos realizados por los distintos modelos que se han utilizado en este trabajo.

En este caso, cabe recordar que los resultados de ANSYS eran nodales, y que existían discontinuidades en los límites entre capa. Por lo tanto, y debido a que solo se tiene que estudiar en un punto, se han utilizado los resultados de los elementos que rodean al nodo en cuestión. Se ha utilizado el valor medio

de los resultados obtenidos en dicho nodo por los dos elementos inmediatamente inferiores, de tal forma que representan los elementos de la parte superior del cimiento.

A continuación, se van a adjuntar los resultados, además de una imagen de los elementos en cuestión.

ELEMENT= 3445 SOLID186

NODE EPELX EPELY EPELZ EPELXY EPELYZ EPELXZ

5775 0.45723E-004 0.70217E-004 -0.15307E-003 0.14783E-005 0.52169E-005 -0.38447E-006

ELEMENT= 3489 SOLID186

NODE EPELX EPELY EPELZ EPELXY EPELYZ EPELXZ

5775 0.45383E-004 0.72045E-004 -0.15299E-003 -0.12228E-005 -0.30654E-005 -0.77743E-006

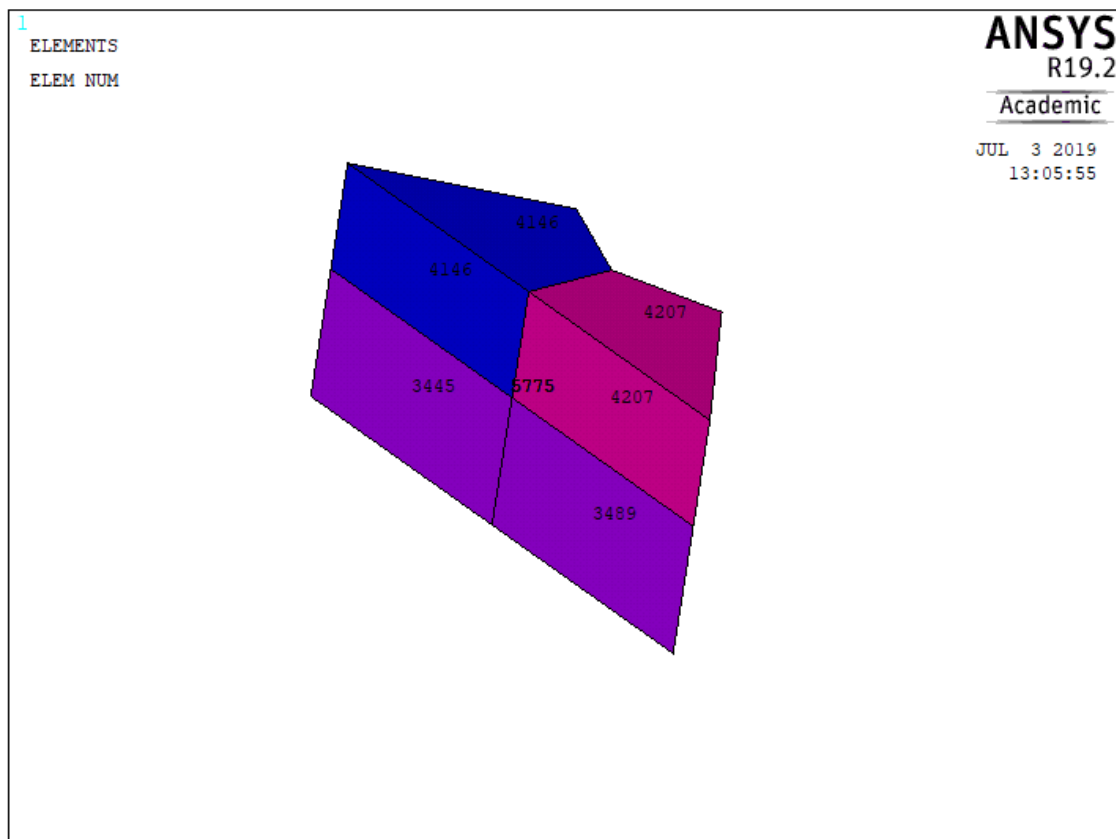


Figura 4-52. Resultados y disposición de los elementos que rodean al nodo a estudiar

Por lo tanto, la deformación vertical utilizada será la media de las escritas en rojo sobre la Figura 4-52, es decir,  $\varepsilon_z = 1.5303 \cdot 10^{-3}$ .

La ley que la norma ndaluza rige en estos casos es la que se puede observar en la ecuación 4-7 de este documento.

Teniendo en cuenta que los cálculos se presentan en  $MEE_{13T}$  y que, para obtener el coeficiente de seguridad se debe de dividir el resultado entre 10  $MEE_{13T}$ , obtenemos los resultados expresados en la Tabla 4-10.

|                    | KENPAVE REFINADO | ANSYS 186    |
|--------------------|------------------|--------------|
| Profundidad [cm]   | $\epsilon_v$     | $\epsilon_v$ |
| 30.001             | 1.54E-04         | 1.53E-04     |
| N (Norma Andaluza) | 46.410           | 47.579       |
| Coef de seguridad  | 4.64             | 4.76         |

Tabla 4-10. Coeficiente de seguridad según el criterio de fallo de la explanada

Se pueden observar varias cosas. La primera, que el criterio de fallo del firme es el restrictivo, ya que se tienen coeficientes de seguridad inferiores (en este caso). Por otro lado, cabe destacar que es la primera vez en la que se ha procedido a utilizar los resultados elementales de los nodos que conforman el firme, es decir, que no se han utilizado valores medios entre elementos que se encuentran ligeramente por encima y por debajo del límite entre capas, sino que se han utilizado los valores que se obtendrían en cada punto. Se demuestra por tanto que, si se hubieran obtenido esos valores, los resultados se aproximarían mucho más a los de KENPAVE REFINADO en esas zonas. También se puede observar que utilizar estos resultados tiene mayor dificultad.

#### 4.4 Estudio de la sección 3121 sobre suelo marginal

En este caso, se ha escogido de la norma 6.1 I.C[1] la sección de firme 3121, es decir, una categoría de tráfico de pesados T31 para una explanada E2. La sección del firme está constituida por mezclas bituminosas en caliente sobre suelo granular. Para la explanada, se ha supuesto que se va a situar sobre un terreno natural subyacente formado por suelo marginal. Se ha escogido la tercera solución que la norma contempla.

|                        |    | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO   |                        |                        |  |                        |                        |                        |  |                                       |                       |                        |  |                                      |                       |                        |  |
|------------------------|----|-------------------------------|------------------------|------------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------|------------------------|--|--------------------------------------|-----------------------|------------------------|--|
|                        |    | T31                           |                        |                        |  | T32                    |                        |                        |  | T41                                   |                       |                        |  | T42                                  |                       |                        |  |
| CATEGORÍA DE EXPLANADA | E1 | 3111<br>MB 20<br>ZA 40        | 3112<br>MB 15<br>SC 30 | 3114<br>HF 21<br>ZA 30 |  | 3211<br>MB 18<br>ZA 40 | 3212<br>MB 12<br>SC 30 | 3214<br>HF 21<br>ZA 20 |  | 4111<br>MB 10 <sup>(1)</sup><br>ZA 40 | 4112<br>MB 8<br>SC 30 | 4114<br>HF 20<br>ZA 20 |  | 4211<br>MB 9 <sup>(1)</sup><br>ZA 35 | 4212<br>MB 5<br>SC 25 | 4214<br>HF 18<br>ZA 20 |  |
|                        | E2 | <b>3121</b><br>MB 16<br>ZA 40 | 3122<br>MB 12<br>SC 30 | 3124<br>HF 21<br>ZA 25 |  | 3221<br>MB 15<br>ZA 35 | 3222<br>MB 10<br>SC 30 | 3224<br>HF 21<br>ZA 20 |  | 4121<br>MB 10 <sup>(1)</sup><br>ZA 30 | 4122<br>MB 8<br>SC 25 | 4124<br>HF 20<br>ZA 20 |  | 4221<br>MB 9 <sup>(1)</sup><br>ZA 25 | 4222<br>MB 5<br>SC 22 | 4224<br>HF 18<br>ZA 20 |  |
|                        | E3 | 3131<br>MB 16<br>ZA 25        | 3132<br>MB 12<br>SC 22 | 3134<br>HF 21<br>ZA 20 |  | 3231<br>MB 15<br>ZA 20 | 3232<br>MB 10<br>SC 22 | 3234<br>HF 21<br>ZA 20 |  | 4131<br>MB 10 <sup>(1)</sup><br>ZA 20 | 4132<br>MB 8<br>SC 20 | 4134<br>HF 20<br>ZA 20 |  | 4231<br>MB 9 <sup>(1)</sup><br>ZA 20 | 4232<br>MB 5<br>SC 20 | 4234<br>HF 18<br>ZA 20 |  |

MB Mezclas bituminosas    HF Hormigón de firme    SC Suelocemento    ZA Zahorra artificial

(1) Estas capas bituminosas podrán ser proyectadas con mezclas bituminosas en caliente muy flexibles, gravaemulsión sellada con un tratamiento superficial o mezcla bituminosa abierta en frío sellada con un tratamiento superficial.

**Nota 1:** Para las categorías de tráfico pesado T3 (T31 y T32) las capas tratadas con cemento deberán prefisurarse con espaciamientos de 3 a 4 m, de acuerdo con el artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

**Nota 2:** En la categoría de tráfico pesado T42 con tráficos de intensidad reducida (menor que 100 vehículos/carril/día) podrá disponerse un riego con gravilla bicapa como sustitución de los 5 cm de mezcla bituminosa.

Espesores mínimos en cm

FIGURA 2.2. CATALOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T3 (T31 y T32) y T4 (T41 y T42), EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA

Figura 4-53. Figura 2.1 de la norma 6.1 que especifica la sección del firme a utilizar en función de la categoría de tráfico utilizado y de la explanada con la solución utilizada para la sección 3121

|                        |                                     | TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANADA (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES O RELLENOS TODO-UNO) |                       |                      |                                |          |
|------------------------|-------------------------------------|--|-----------------------|----------------------|--------------------------------|----------|
|                        |                                     | SUELOS INADECUADOS Y MARGINALES (IN)   | SUELOS TOLERABLES (0) | SUELOS ADECUADOS (1) | SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3) | ROCA (R) |
| CATEGORÍA DE EXPLANADA | E1<br>$E_{d1} \geq 60 \text{ MPa}$  |  |                       |                      |                                |          |
|                        | E2<br>$E_{d2} \geq 120 \text{ MPa}$ |  |                       |                      |                                |          |
|                        | E3<br>$E_{d3} \geq 300 \text{ MPa}$ |  |                       |                      |                                |          |

|         |   |         |  |         |  |       |  |   |  |
|---------|---|---------|--|---------|--|-------|--|---|--|
| IN      | Suelo inadecuado o marginal (Art. 330 del PG-3) | 0       | Suelo tolerable (Art. 330 del PG-3)            | 1       | Suelo adecuado (Art. 330 del PG-3)             | 2     | Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3) | 3 | Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3) |
| S-EST 1 | Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)  | S-EST 2 | Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3) | S-EST 3 | Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3) | HM-20 | Horizonte (Art. 610 del PG-3)          |   |  |

FIGURA 1. FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

Figura 4-54. Figura 1 de la norma 6.1 que especifica la explanada a utilizar según la categoría de la explanada y el tipo de suelo del terreno subyacente con la solución utilizada para la sección 3121

Como se realizó para la sección 121, se adjunta la Tabla 4-11 con las propiedades de los materiales que van a confinar las distintas capas, las cuales se han obtenido de la norma 6.1 I.C [1] y del PG-3 [11], así como un esquema de la sección completa en la Figura 4-55.

| Capa                          | Espesor [cm] | E [MPa] | $\nu$ |
|-------------------------------|--------------|---------|-------|
| Mezcla Drenante (PA)          | 4            | 4000    | 0.35  |
| Mezcla Semidensa (S)          | 12           | 6000    | 0.33  |
| Zahorra Artificial (ZA)       | 40           | 500     | 0.35  |
| Suelo Seleccionado Tipo-3 (3) | 40           | 200     | 0.35  |
| Suelo Adecuado con CBR-10 (1) | 60           | 100     | 0.35  |
| Suelo Marginal con CBR-3 (IN) | -            | 30      | 0.35  |

Tabla 4-11. Espesor de las distintas capas de la sección 3121, junto con los materiales que las forman y sus características

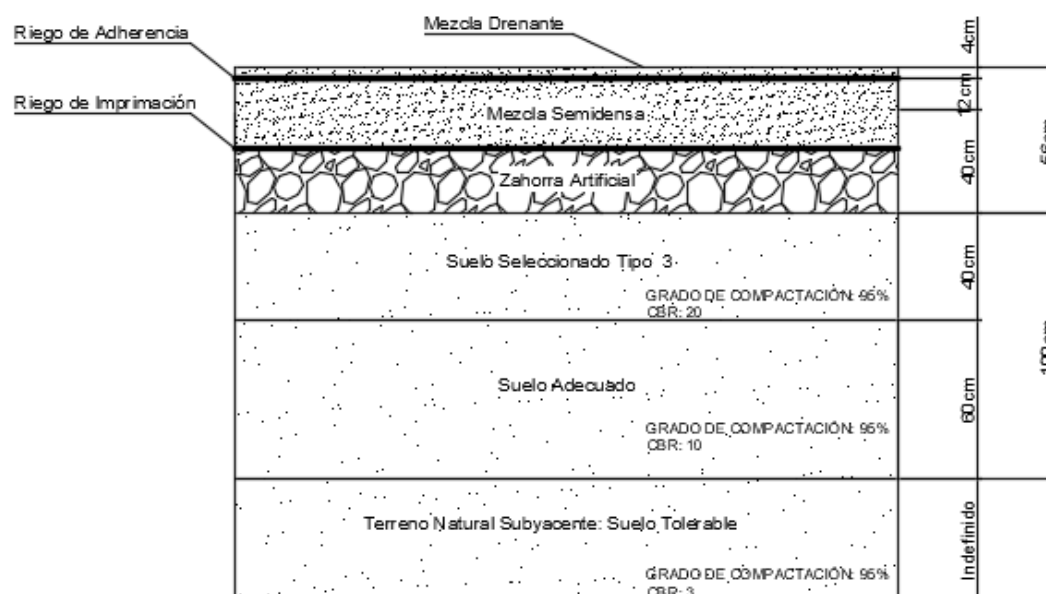


Figura 4-55. Esquema de la sección 3121

El resto de las consideraciones, como por ejemplo la zona climática o pluviométrica, serán las mismas que se utilizaron para el análisis de la sección 121. Con la finalidad de no repetir la metodología utilizada en cada programa, no se explicará la introducción de datos en los diversos programas debido a que el procedimiento es similar al de la sección 121, variando los datos de entrada.

En este caso, cabe destacar que la sección 3121 si es analizable mediante el programa de ICAFIR. En este caso, el programa determina la posibilidad de poder utilizar la sección debido a que cumple con los criterios de fallo que adopta de la norma andaluza [6].

Con respecto al cimiento, el programa determina un módulo de compresibilidad de 124.27MPa. Al utilizar en el programa una categoría de cimiento media (en este caso si se puede utilizar a diferencia del de la sección 121 debido a que permite utilizar este tipo de categoría de cimiento para categorías de tráfico T3), cumple con la norma andaluza, que exige un módulo mayor de 100MPa. Además, cabe recordar que la norma 6.1 I.C garantiza que, como mínimo, este tipo de cimiento garantiza una resistencia de 120 MPa, cosa que en este caso y según este programa es cierta.

Por lo tanto, en esta sección se realizará un análisis comparativo entre los tres programas, ya que el modelo utilizado con ICAFIR cumple con el cimiento<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> En el apartado 8.4.1 se adjuntan las gráficas que se van a presentar a lo largo del análisis en tamaño A4 para que puedan verse con mayor facilidad.

#### 4.4.1 Análisis comparado de los resultados de la sección 3121

Para la elaboración de este apartado, solo se van a utilizar los resultados de los modelos de ICAFIR, KENPAVE REFINADO y de ANSYS186 debido a que los otros dos modelos utilizados en el apartado 4.3 presentaban unos resultados menos refinados. Se va a proceder de la misma forma que en la sección 121, por tanto, se tendrán en cuenta las mismas consideraciones que se realizaron en el inicio del mismo apartado.

En el caso de ICAFIR, el programa solo ofrece la solución del estado tenso-deformacional del firme debido a la teoría de sustitución de capas que se utiliza en la explanada por ser un modelo tricapa. No tiene sentido utilizar unas soluciones que divergen completamente del resto debido a que se cambia la explanada por una única capa con un módulo equivalente, además de que el programa no hace distinción entre las distintas alternativas de tipo de tráfico que ICAFIR permite en el firme.

Los resultados obtenidos por los programas se pueden ver en los apartados 8.4.2, 8.4.3 y 8.4.4.

##### 4.4.1.1 Análisis en tensiones verticales

En la Figura 4-56 se puede observar una gráfica con las soluciones obtenidas por cada programa para el cálculo de la sección 3121.

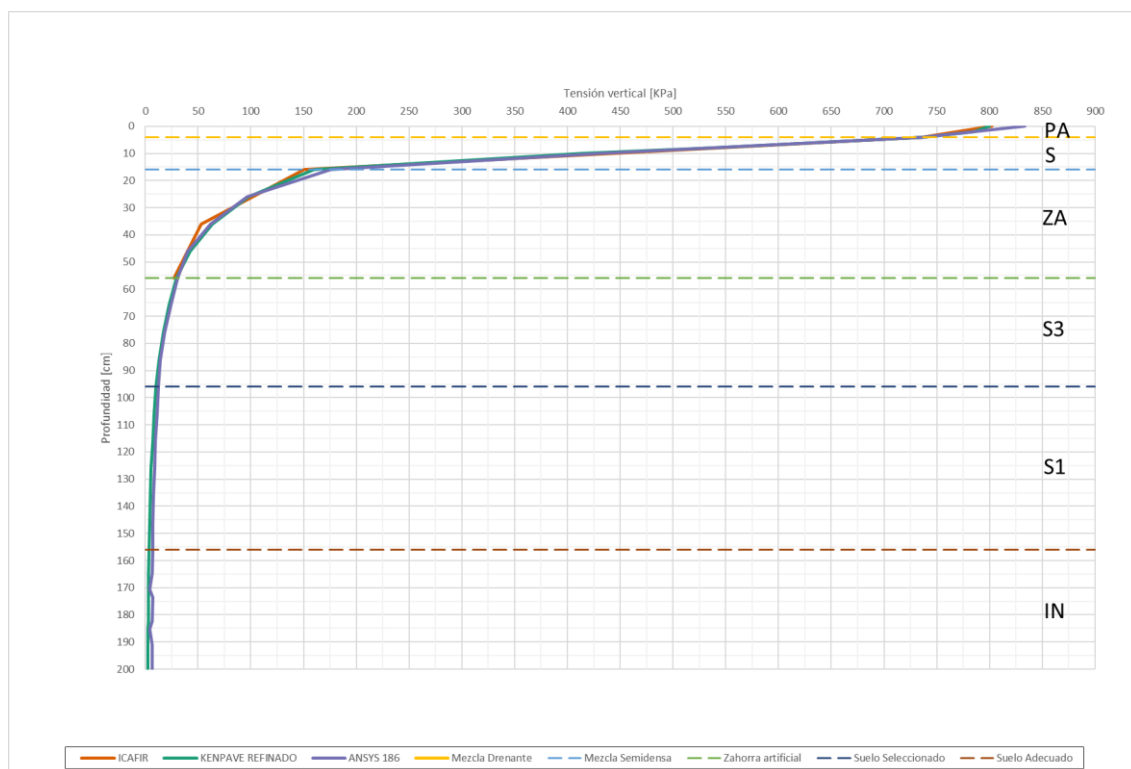


Figura 4-56. Comparación entre los resultados de los tres programas en tensiones verticales para la sección 3121

Se puede observar que los tres cálculos convergen a la misma solución. Existe una diferencia, aunque poco significativa, en el punto de contacto de la rueda modelada con el firme, donde el modelo de ANSYS186 obtiene una diferencia 33 KPa.

También cabe destacar en la zona del terreno natural subyacente que coincide con los suelos marginales. En dicha zona se puede observar que KENPAVE REFINADO y ANSYS186 difieren ligeramente. Esto se debe a la condición de empotramiento perfecto realizado por dicho modelo.



#### 4.4.1.2 Análisis en tensiones radiales

Para el caso de la sección 3121, en la Figura 4-57 se puede observar la respuesta que los distintos programas obtienen de la misma.

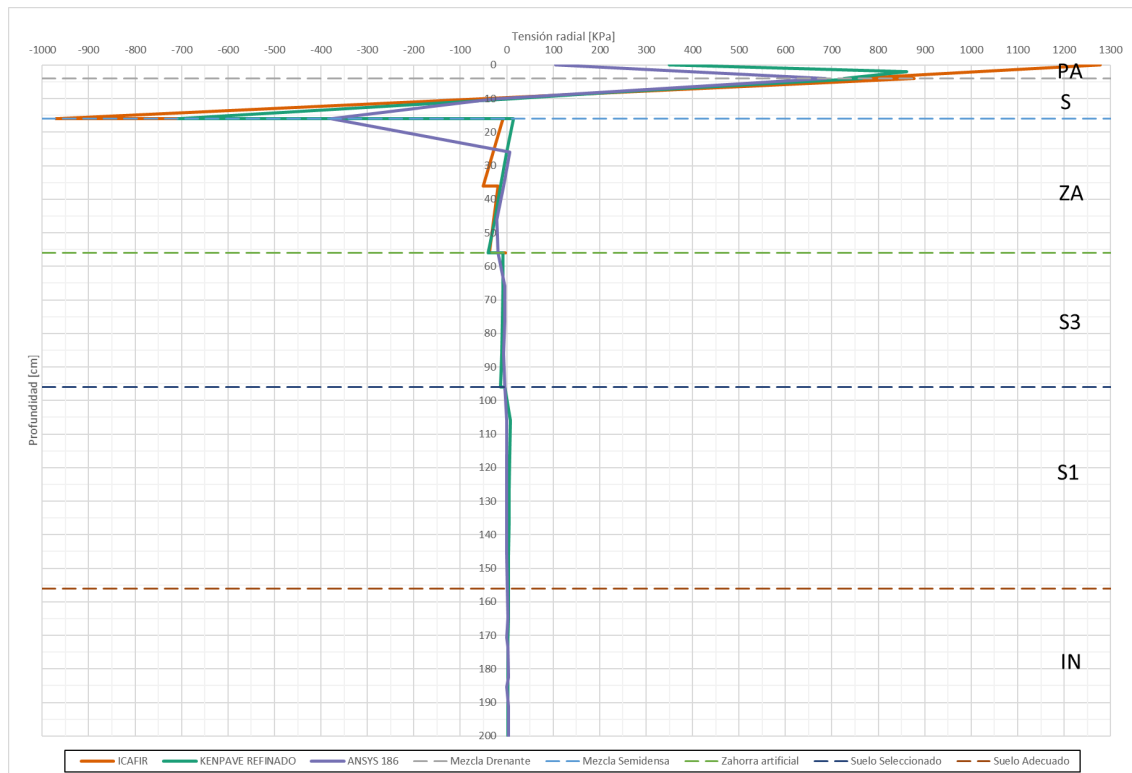


Figura 4-57. Comparación entre los resultados de los tres programas en tensiones radiales para la sección 3121

En la zona de contacto entre la rueda y la sección a estudiar, se puede observar que ningún modelo coincide, existiendo una mayor proximidad entre las respuestas que ANSYS186 y KENPAVE ofrecen. ICAFIR obtiene tensiones de casi 1300KPa, resultados que no son esperados si se tiene en cuenta que se están aplicando cargas verticales de 800KPa.

Por otro lado, se puede observar que cada modelo obtiene tensiones que no coinciden en la zona límite entre la mezcla drenante y la semidensa. Esto puede deberse a que se encuentra en una zona muy próxima a la anteriormente mencionada y que dichas diferencias producen la disparidad encontrada en la Figura 4-58.

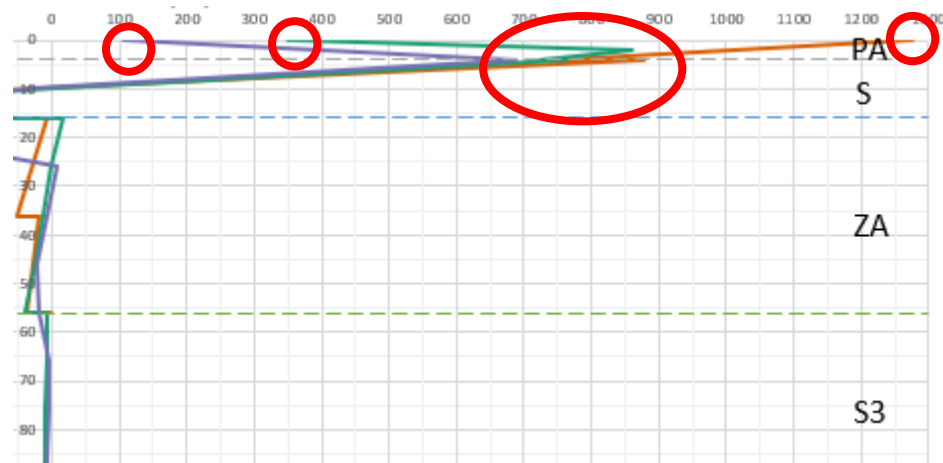


Figura 4-58. Zona de contacto rueda-firme y zona límite entre las mezclas drenante-semidensa

Tal y como se explicó en el apartado 4.3.4.2, se producen saltos de tensiones en las zonas límite entre capas. Como se pretende cumplir con deformaciones radiales compatibles, un cambio de material (y, por tanto, de propiedades) afecta a las tensiones, de tal forma que una variación en el módulo elástico produce modificaciones en las tensiones radiales.

Por otro lado, en estas zonas, al igual que en el apartado 4.3.4.2, se ha establecido una respuesta nodal de la solución ofrecida por ANSYS186, de tal forma que la tensión en un nodo corresponde a la media de las distintas soluciones que existen en el mismo debido a los elementos que lo rodean. Esto puede observarse en el caso de la zona de contacto entre la capa de mezcla semidensa y la de zahorra artificial, donde el valor obtenido por ANSYS186 se asemeja al valor medio que tomaría la solución de KENPAVE REFINADO, tal y como se puede observar en la Figura 4-59. Sin embargo, puede volverse a observar que ICAFIR obtiene unas soluciones que distan del resto de modelos.

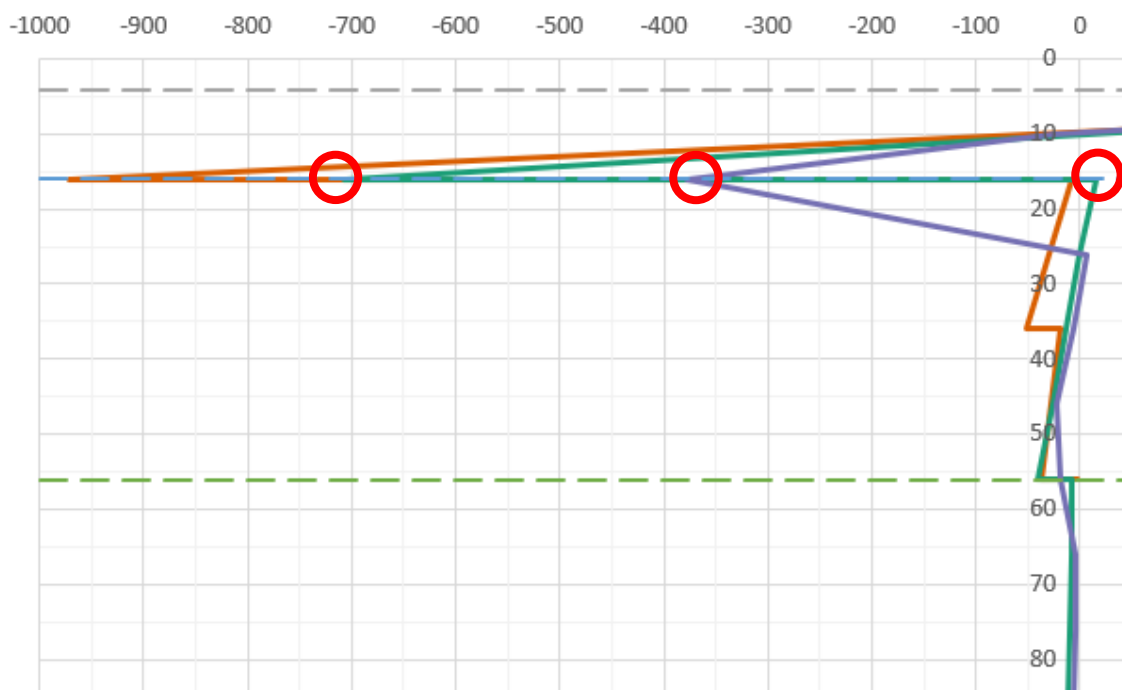


Figura 4-59. Discontinuidad de tensiones radiales en los límites de capas en la sección 3121

Otra zona para analizar es la coincidente con las zahorras artificiales, en la que, tal y como se dijo en el apartado 4.3.4.2, aparecen tracciones. Como se explicó para la sección 121, dichas tensiones de tracción radiales producen la separación de las partículas granulares y, por tanto, al estar separadas no existiría tensión entre las mismas, siendo nulas. Tal y como se explicó en el apartado 4.3.4.2 y con la ayuda del manual de KENPAVE [7], dichas tensiones son contrarrestadas por unas precompresiones que se aplican en obra para favorecer la estabilidad de las secciones de firmes de carreteras.

Por otro lado, en dicha zona se puede contemplar que ICAFIR realiza otro salto de tensiones en la zona límite entre las dos tongadas que el programa exige para su formación, tal y como puede observarse en la Figura 4-60.

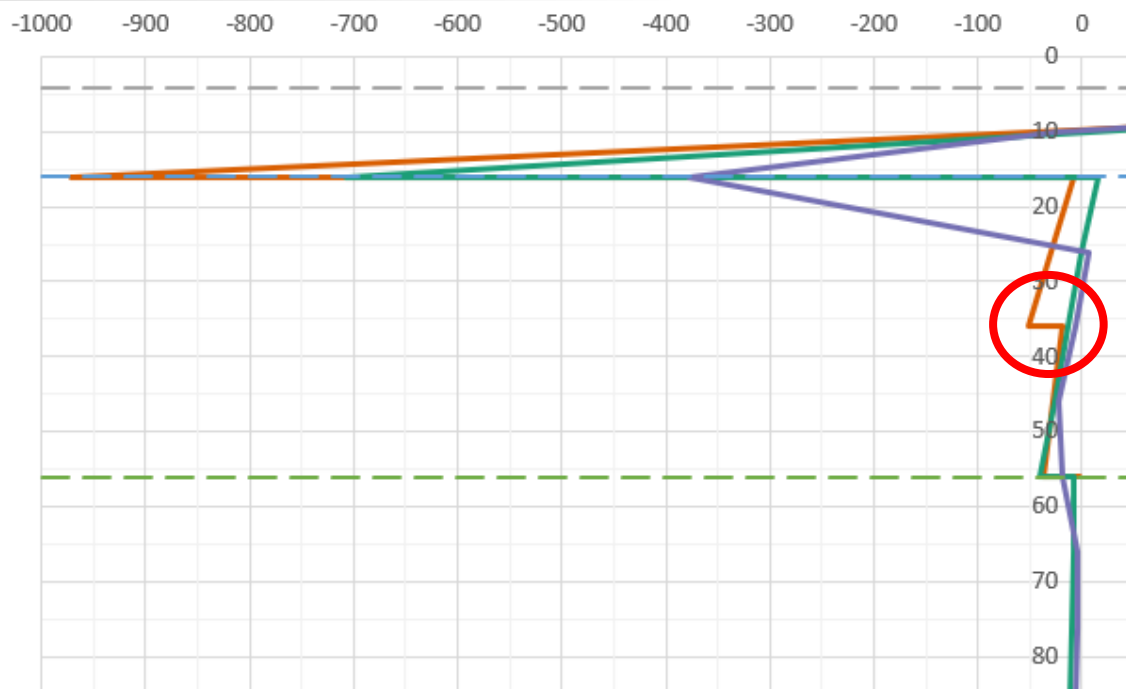


Figura 4-60. Discontinuidad en tensiones radiales producida en la zona límite entre las dos tongadas de zahorra artificial

En el resto de las capas se pueden observar que los modelos de KENPAVE REFINADO Y ANSYS186 convergen debido a que se pueden contemplar resultados similares. Sin embargo, se pueden apreciar saltos de tracciones a compresiones en el caso del modelo de ANSYS186, aunque tienen a valores cercanos a cero. Esto puede deberse al hecho de que se ha impuesto una condición de empotramiento perfecto en la zona de la base. Además, KENPAVE REFINADO empieza a tener compresiones a partir de la capa de material adecuado.

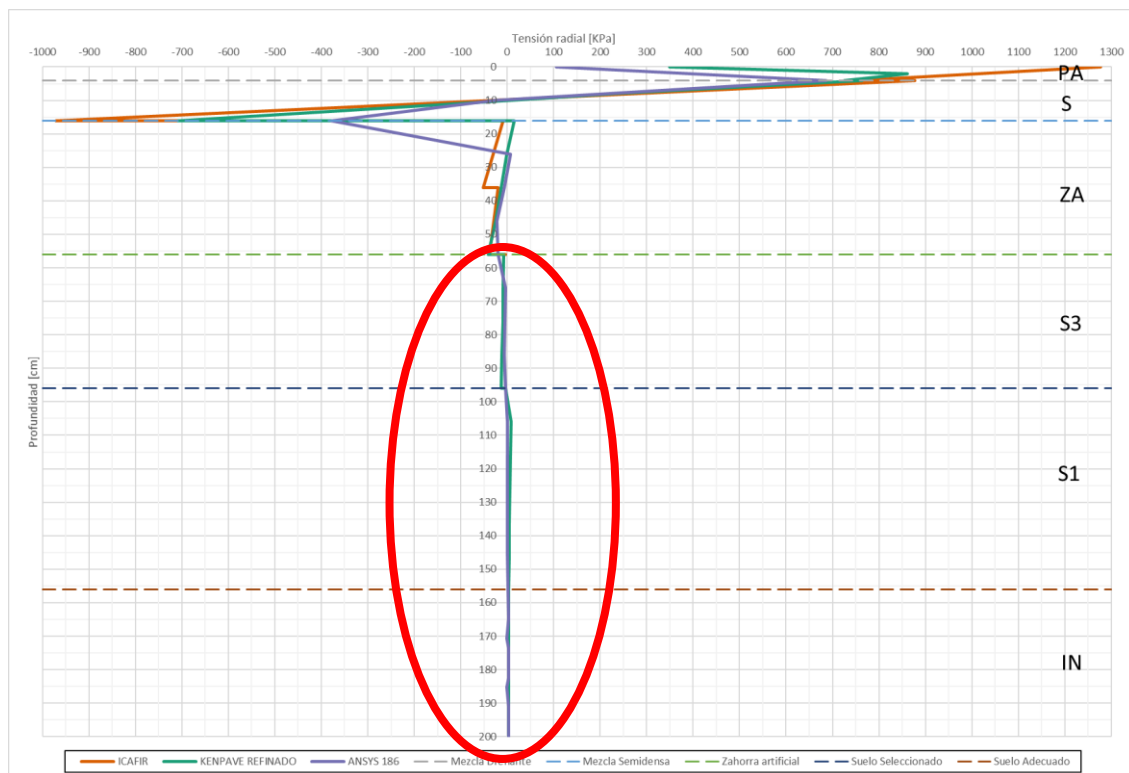


Figura 4-61. Cambios de signo en los resultados obtenidos por ANSYS186 para la sección 312

#### 4.4.1.3 Análisis en deformaciones verticales

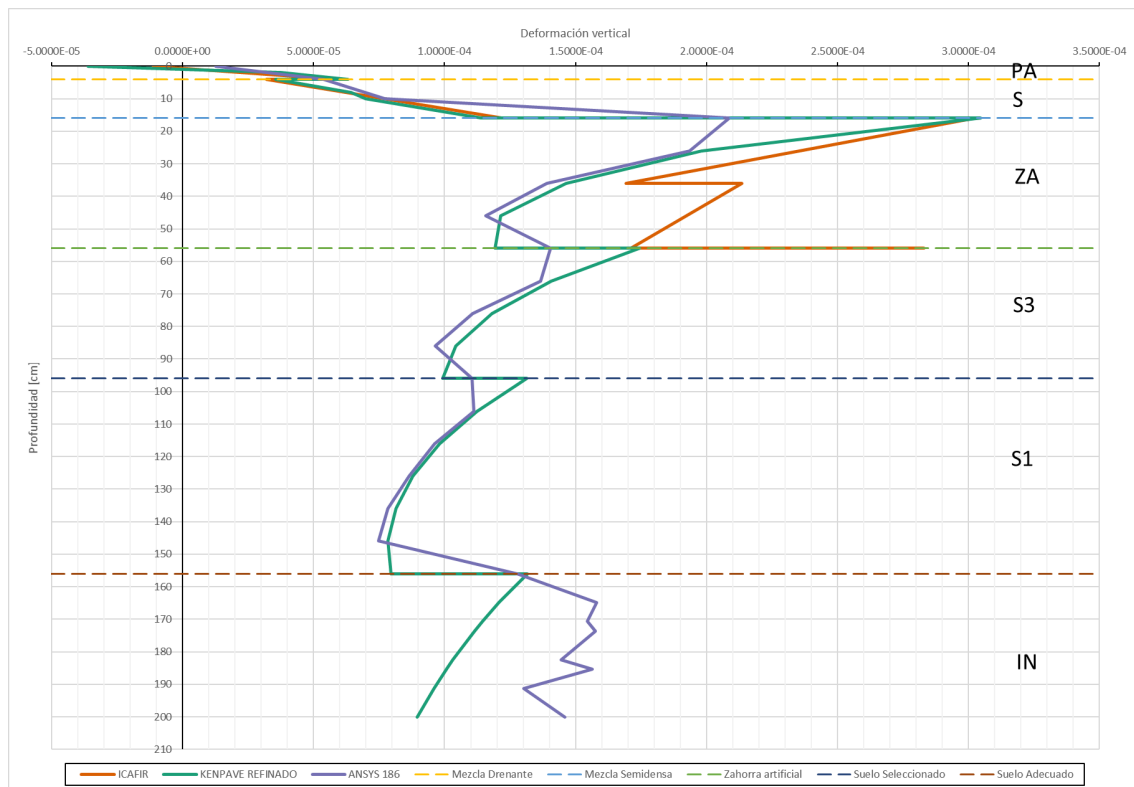


Figura 4-62. Comparación entre los resultados de los tres programas en deformaciones verticales para la sección 3121

Comparando las soluciones de los tres programas, se puede observar que no coinciden en la zona de contacto entre la rueda y la sección. Los programas multicapas obtienen deformaciones negativas, es decir, alargamientos, mientras que ANSYS obtiene deformaciones positivas, tal y como se puede observar en la Figura 4-63. Sin embargo, conforme se avanza en la profundidad, las respuestas de los distintos modelos tienden a converger.

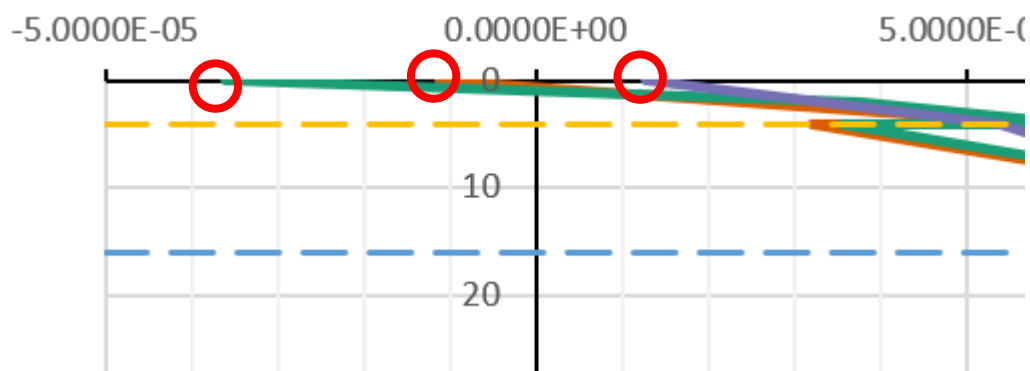


Figura 4-63. Deformaciones verticales en la zona de contacto de la rueda con la sección 3121

Al igual que pasaba en la sección 121 anteriormente analizada, al encontrar continuidad en las tensiones verticales, es decir, que no se producen saltos de tensiones porque se está garantizando el equilibrio en todo momento (tal y como se puede observar en la Figura 4-56), se producen saltos de deformaciones en las zonas límite entre capas debido al cambio de propiedades del material. Tal y como se pudo demostrar en el apartado 4.3.4.3, el hecho de tener deformaciones discontinuas no

implica que los desplazamientos también lo sean. De hecho, se comprobó que en estos casos los desplazamientos verticales siguen una progresión prácticamente lineal decreciente con la profundidad en la Figura 4-40.

Tal y como ha sucedido en estos casos en los apartados 4.3.4.2, 4.3.4.3 y 4.4.1.2 se han obtenido resultados nodales de las soluciones de ANSYS, por lo que también pueden contemplarse resultados del entorno de la mitad de los saltos producidos en KENPAVE REFINADO en dichas zonas.

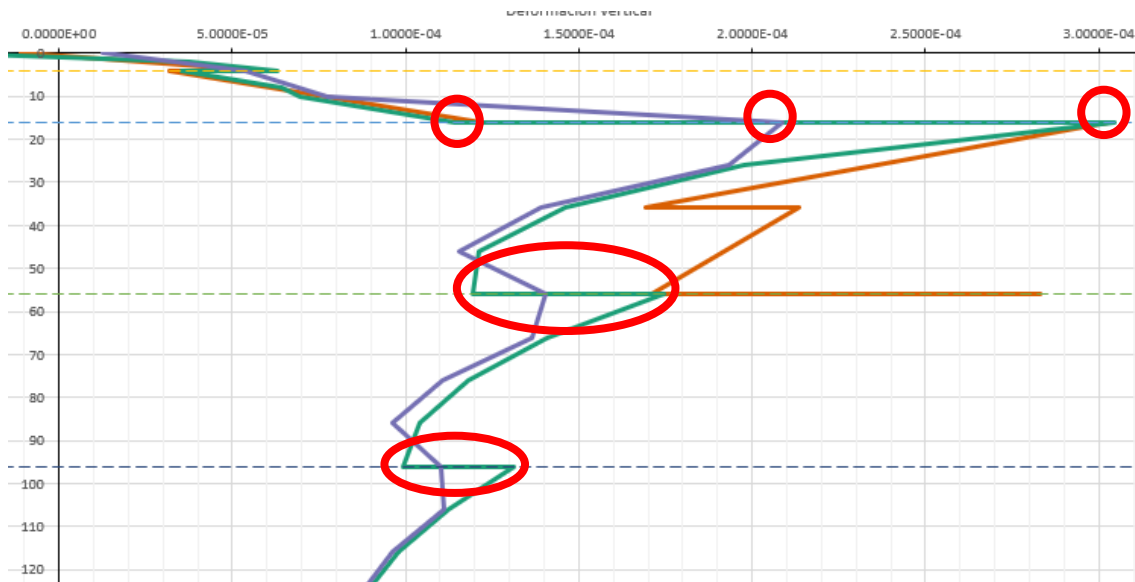


Figura 4-64. Resultados nodales adoptados en ANSYS186 para la sección 3121

En la zona límite entre las capas de mezcla semidensa y de zahorra artificial puede contemplarse que KENPAVE REFINADO e ICAFIR son similares. Sin embargo, en la zona de la capa de las zahorras, los resultados se dispersan, tal y como puede observarse en la Figura 4-65, donde puede llegarse a observar que ICAFIR dispara los resultados en la zona límite con la explanada. En el caso de KENPAVE REFINADO y de ANSYS186, puede observarse que en la capa de las zahorras obtienen resultados que convergen.

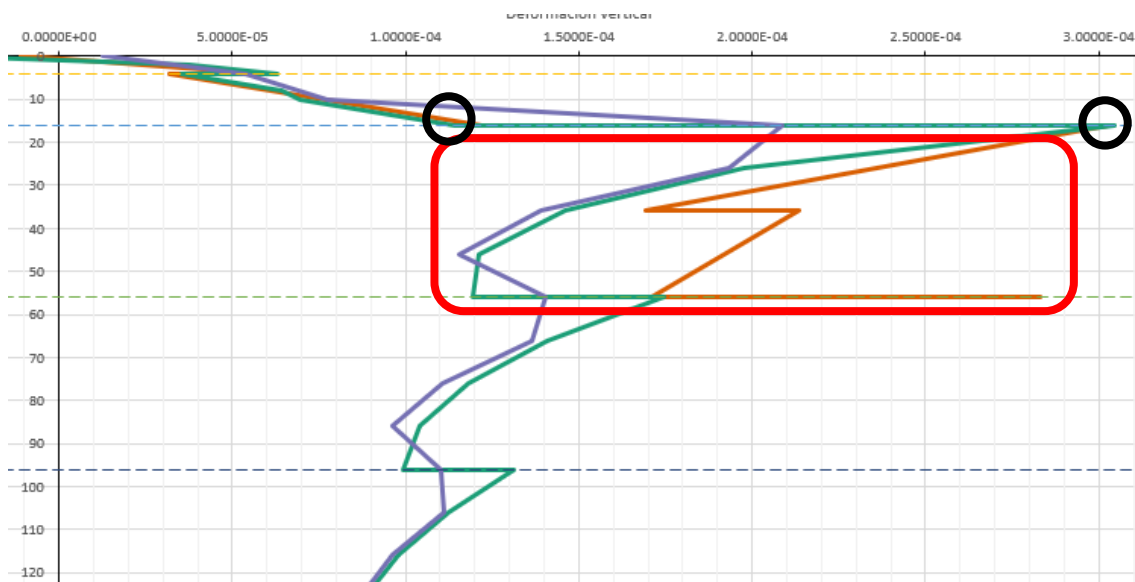


Figura 4-65. En negro: similitud de resultados entre KENPAVE e ICAFIR; en rojo: zona donde se dispersan los resultados KENPAVE-ICAFIR

En las capas de suelos que se sitúan por encima del terreno natural subyacente, puede observarse que KENPAVE y ANSYS tienen resultados convergentes exceptuando en las zonas límites entre capas,

las cuales siguen la tendencia que se explicó al inicio de este apartado.

Sin embargo, en la zona del terreno marginal, puede observarse que los resultados se dispersan. Esto puede deberse a el empotramiento impuesto en la base en el caso de ANSYS.

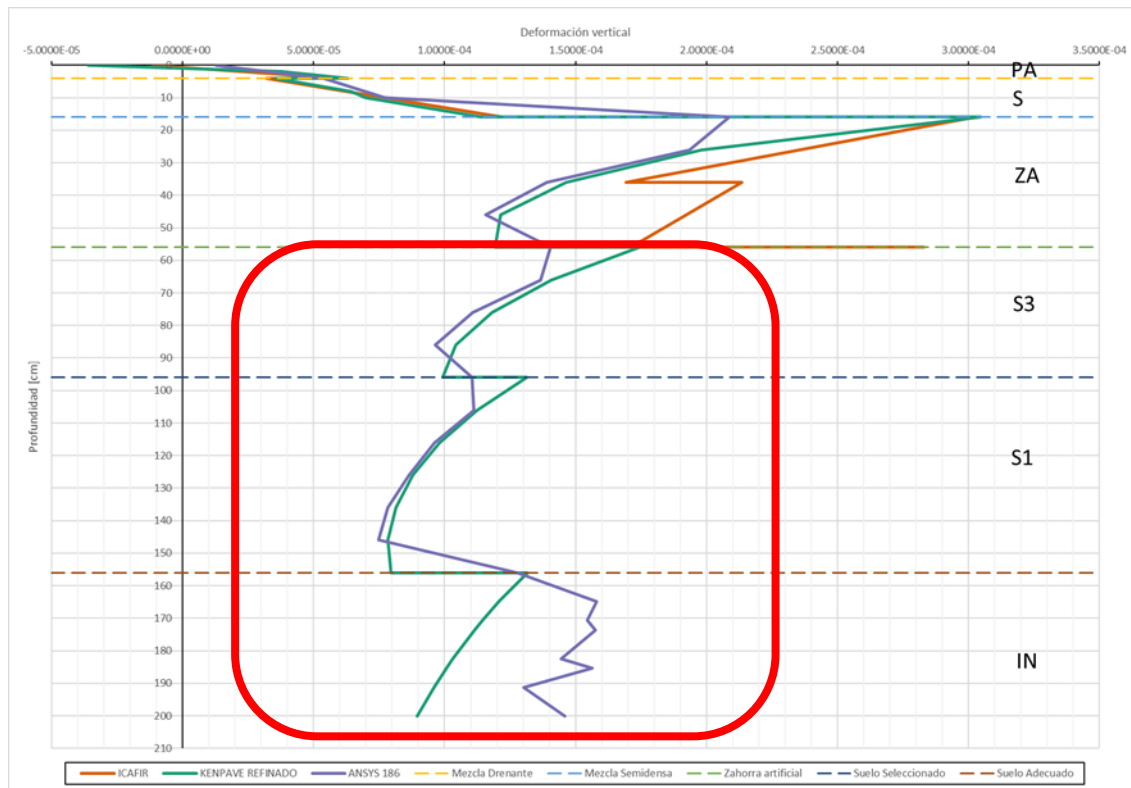


Figura 4-66. Convergencia ANSYS186-KENPAVE REFINADO en suelos seleccionados y adecuados y discrepancia de resultados en la zona de los suelos marginales

#### 4.4.1.4 Análisis en deformaciones radiales

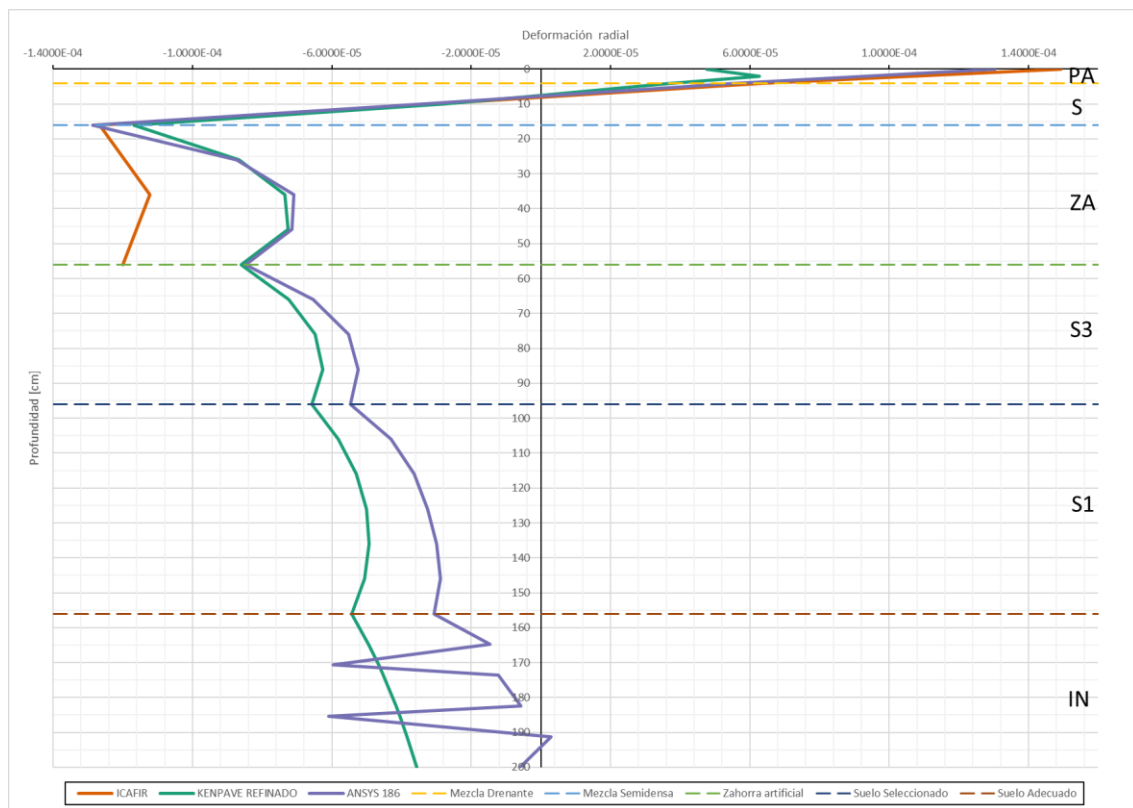


Figura 4-67. Comparación entre los resultados de los tres programas en deformaciones radiales para la sección 3121

En la Figura 4-67 se puede observar la respuesta ofrecida por cada uno de estos cálculos para el análisis de las deformaciones radiales de la sección 3121.

Los resultados obtenidos por el programa KENPAVE difieren de los propuestos por los otros dos programas en el punto de contacto de la rueda con el firme. Sin embargo, ICAFIR y ANSYS obtienen resultados que son más parecidos, ya que se encuentran en el mismo orden de magnitud. Dichos valores se pueden observar en la Figura 4-68.

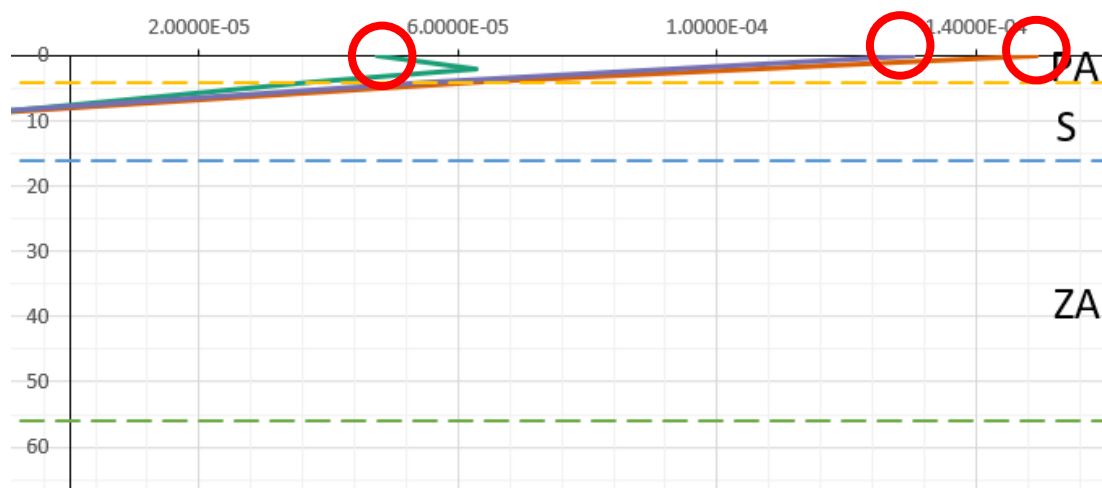


Figura 4-68. Soluciones en el punto de contacto del neumático con el firme de las deformaciones radiales para la sección 3121

Por otro lado, a partir de esta zona los modelos tienden a soluciones parecidas. Los modelos empiezan a obtener resultados diferentes a partir de la zona límite entre la mezcla semidensa y la zahorra artificial. En dicha zona también se puede observar que la respuesta propuesta por KENPAVE es diferente, aunque se habla de una

pequeña discrepancia.

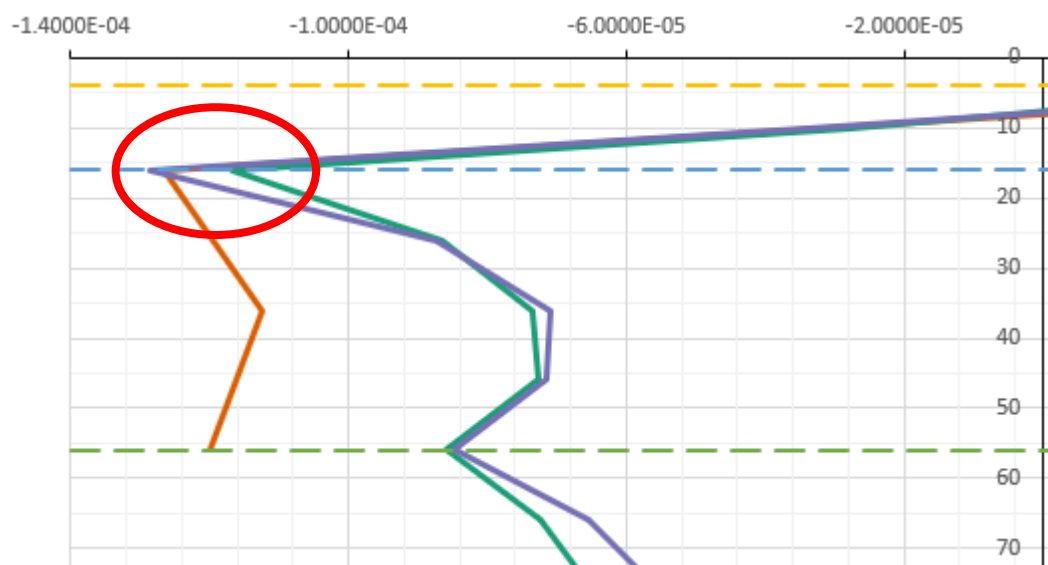


Figura 4-69. Límite entre la capa de mezcla semidensa y la capa de zahorra artificial, donde KEPNAVE propone una solución ligeramente diferente a las de ICAFIR y KENPAVE

En la capa de las zahorras, la solución ofrecida por ICAFIR dista de las ofrecidas por los otros dos programas. KENPAVE y ANSYS ofrecen resultados que convergen, ya que los resultados son muy similares, tal y como se puede observar en la Figura 4-70.

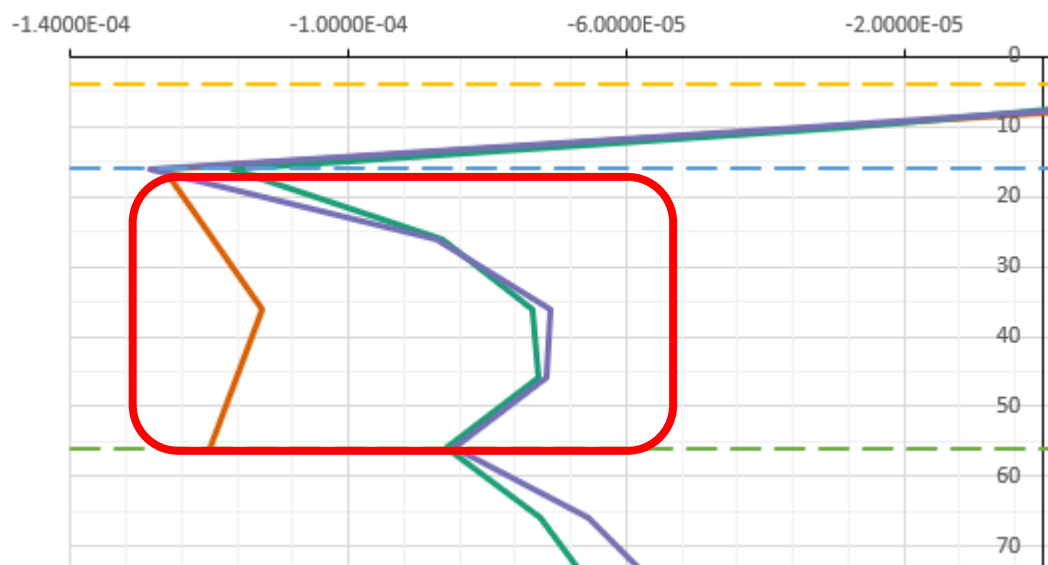


Figura 4-70. Zona de la capa de las zahorras artificiales de la sección 3121

Por último, falta por analizar la zona de la explanada. A partir del cemento los resultados de KENPAVE y de ANSYS empiezan a dispersarse. Con forme aumenta la profundidad, las curvas tienden a distanciarse, aunque se puede apreciar que estas diferencias son cuantitativamente pequeñas.

A partir de la capa del terreno natural subyacente, se puede observar que la respuesta obtenida por el modelo de ANSYS oscila de forma significativa. Dichas oscilaciones pueden deberse al empotramiento impuesto en la base.



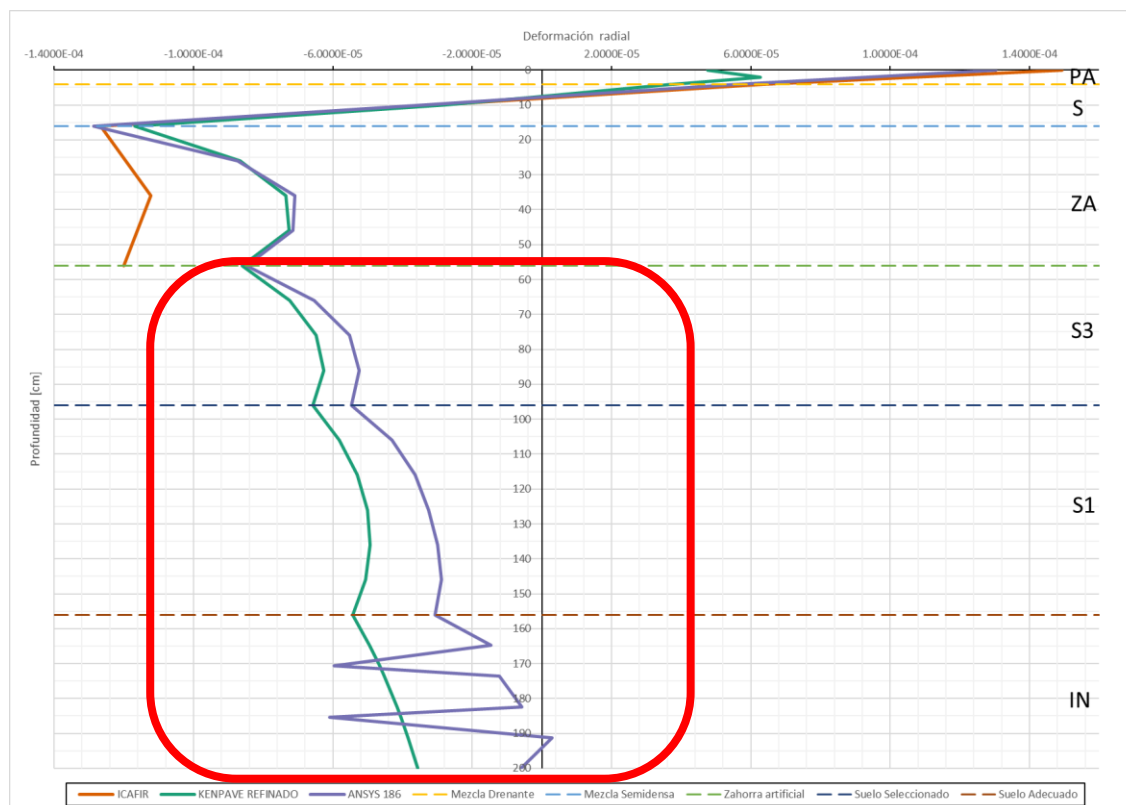


Figura 4-71. Deformaciones radiales obtenidas en la explanada de la sección 3121

#### 4.4.2 Cálculo de la fatiga

En esta comprobación se van a seguir los pasos realizados en el apartado 4.3.5, en el que se comprobaron los resultados a fatiga para la sección 121. En este caso, cabe destacar que se utilizará ICAFIR debido a que la sección de estudio 3121 no daba errores de cálculo.

En este caso, con la respuesta de ICAFIR habrá que mirar los resultados de la solución bajo una rueda y bajo el centro de las ruedas y elegir la más restrictiva para cada caso

Como en este caso el firme está formado por mezclas bituminosas, la ley de fatiga propuesta por la norma andaluza [6] para este tipo de materiales. La ecuación utilizada para resolver la respuesta del cemento a fatiga tampoco cambia debido a que no depende de los materiales que lo constituyen, sino de la capa de material equivalente que ICAFIR utiliza.

##### 4.4.2.1 Criterio de fallo de las capas para la estructura del firme

Recordando brevemente la metodología empleada en el apartado 4.3.5.1, se necesita la máxima deformación radial de tracción del firme. Como la propia norma andaluza indica que «en las capas granulares no se considerará criterio de fallo» [6], solo se buscará la máxima tracción radial en la mezcla semidensa, ya que en la capa de mezcla drenante se tienen compresiones (tal y como se puede observar en la Figura 4-67). En este caso, dicho máximo sucede para el caso del centro de una de las ruedas, y su valor es de  $1.2670\text{E-}4$ .

Por otro lado, en el caso de KENPAVE se procederá comprobando una a una la máxima deformación de tracción radial. Dicha deformación se encuentran en la base de la capa de mezclas bituminosas, tal y como se puede observar en la Figura 4-67. Además se da el caso de que, al igual que con ICAFIR, también dicho máximo se encuentra bajo el centro de una de las ruedas gemelas, y su valor es de  $1.1680\text{E-}4$ .

Por último, queda encontrar el nodo en el que se produce dicha deformación máxima de tracción en el modelo de ANSYS. Para ello, se han seleccionado todos los nodos pertenecientes a la capa de mezcla semidensa. Se han listado los resultados y, como siempre, el programa facilita al final un resumen de las tensiones y deformaciones máximas, por lo que se ha localizado dicho nodo. Dicho valor se da en el mismo punto con ICAFIR y con

KENPAVE. En la Figura 4-72 podremos observar la localización del mismo desde una imagen vista desde la cara inferior de la capa de mezclas semidensas, así como la solución que ofrece ANSYS.

#### MAXIMUM VALUES

NODE        4270    **4270**    4060    2845    3493    3496  
 VALUE   0.85561E-004 **0.12716E-003** 0.69599E-004 0.65170E-004 0.14055E-003 0.16802E-003

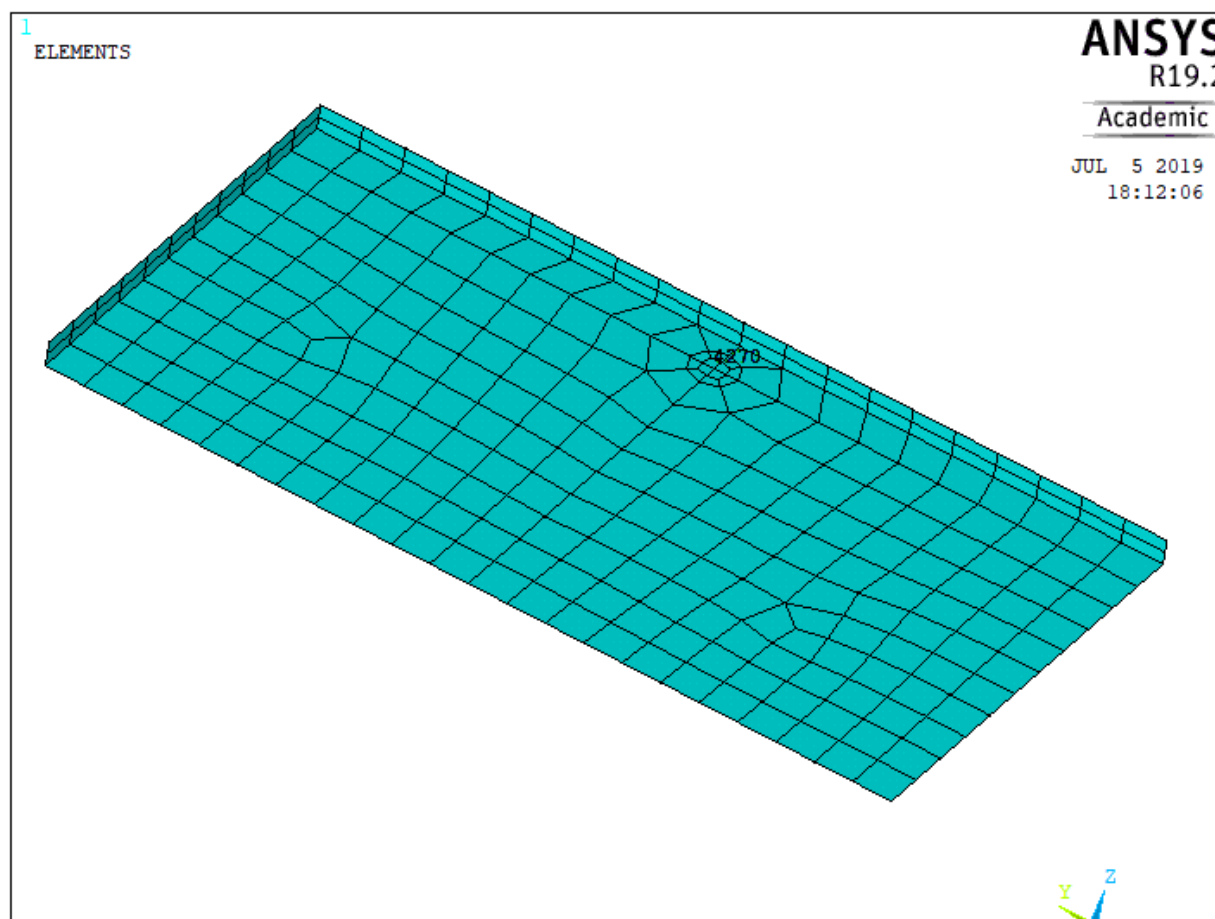


Figura 4-72. Localización y resultados del nodo con la máxima deformación a tracción

En la Tabla 4-12 se adjuntan los resultados de los coeficientes de seguridad obtenidos para este apartado por cada uno de los modelos que se han utilizado para esta sección. Se ha utilizado la ley de fatiga que la norma andaluza [6] propone, la cual se expuso en la ecuación 4-7.

Para el cálculo de los coeficientes de seguridad, se ha supuesto un tráfico de 1 MEE<sub>13T</sub> (para ver los cálculos ir al apartado 8.2).

|                              | ICAFIR       | KENPAVE REFINADO | ANSYS 186    |
|------------------------------|--------------|------------------|--------------|
| Profundidad [cm]             | $\epsilon_r$ | $\epsilon_r$     | $\epsilon_r$ |
| $\epsilon_{rmax}$ (tracción) | 1.2670E-04   | 1.1680E-04       | 1.2525E-04   |
| N (MEE <sub>13T</sub> )      | 2.383        | 3.213            | 2.486        |
| Coef de seguridad            | 2.383        | 3.213            | 2.486        |

Tabla 4-12. Coeficientes de seguridad obtenidos según el criterio de fallo del firme por cada modelo de cálculo

Cabe destacar que ls resultados ofrecidos por ICAFIR y ANSYS son muy parecidos, mientras que KENPAVE ofrece un coeficiente de seguridad más conservador. Aun así, en los tres casos se cumple el criterio de fallo utilizado.

#### 4.4.2.2 Criterio de fallo del cimiento del firme

En este apartado, se procederá a la comprobación del fallo del cimiento del firme que la norma andaluza [6] propone. La ley de fatiga utilizada por esta norma se mostró en la ecuación 4-1. En este caso, se necesita la máxima deformación vertical a compresión en la cara superior de la explanada.

En el caso de ICAFIR, se procede de una forma exactamente igual a utilizada en el apartado 4.4.2.1. Por tanto, el punto de máxima deformación vertical a compresión de la cara superior del cimiento se encuentra en el modelo de respuesta bajo el centro de las dos ruedas, con un valor de  $3.0598E-4$ .

Buscando la solución con KENPAVE con el mismo procedimiento realizado en el apartado 4.4.2.1, el cual se produce bajo el centro de las ruedas (tal y como ICAFIR), se encuentran un valor de  $1.9080E-4$ .

Por ultimo, para encontrar este valor con ANSYS, se procederá de la misma forma que en el apartado 4.3.5.2. Por tanto, se escogen los puntos situados en el plano de contacto del firme con la explanada y se calcula el nodo con mayor deformación vertical de compresión. Una vez se ha procedido, se utiliza la respuesta obtenida por los nodos de los elementos y se hace una media del valor. Por tanto, dicho punto situado en el centro de las dos ruedas, tiene una respuesta de  $1.8938E-4$ .

#### MINIMUM VALUES

|       |               |               |               |               |               |               |
|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| NODE  | 5984          | 5531          | 5386          | 5531          | 13088         | 13049         |
| VALUE | -0.16808E-004 | -0.24097E-004 | -0.18937E-003 | -0.26419E-004 | -0.17375E-003 | -0.64919E-004 |

ELEMENT= 3400 SOLID186

|      |              |              |               |              |              |              |
|------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| NODE | EPELX        | EPELY        | EPELZ         | EPELXY       | EPELYZ       | EPELXZ       |
| 5386 | 0.62535E-004 | 0.89153E-004 | -0.18963E-003 | 0.18611E-005 | 0.67989E-005 | 0.81104E-006 |

ELEMENT= 3407 SOLID186

|      |              |              |               |               |               |               |
|------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| NODE | EPELX        | EPELY        | EPELZ         | EPELXY        | EPELYZ        | EPELXZ        |
| 5386 | 0.61979E-004 | 0.91495E-004 | -0.18912E-003 | -0.87191E-006 | -0.57649E-005 | -0.27974E-006 |

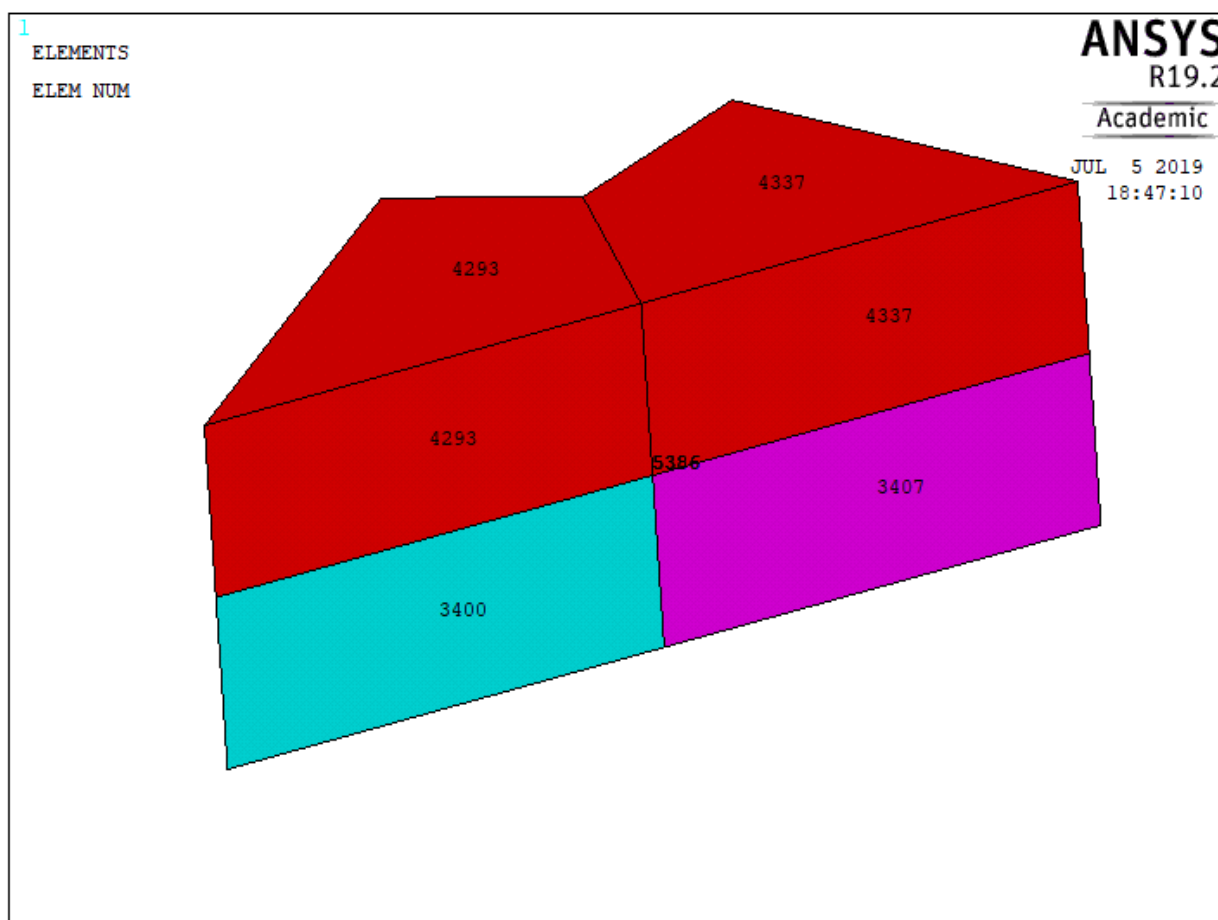


Figura 4-73. Resultados y disposición de los elementos que rodean al nodo a estudiar

En la Tabla 4-13 se pueden observar los coeficientes de seguridad obtenidos para cada modelo. Para ello, se ha supuesto un tráfico de 1 MEE<sub>13T</sub>, al igual que para el criterio de fallo del firme del apartado 4.4.2.1.

|                  | ICAFIR       | KENPAVE REFINADO | ANSYS 186    |
|------------------|--------------|------------------|--------------|
| Profundidad [cm] | $\epsilon_v$ | $\epsilon_v$     | $\epsilon_v$ |
| 56.001           | 3.0598E-04   | 1.9080E-04       | 1.8938E-04   |

| N (MEE <sub>13T</sub> ) | 4.006 | 21.641 | 22.228 |
|-------------------------|-------|--------|--------|
| Coef de seguridad       | 4.01  | 21.64  | 22.23  |

Tabla 4-13. Coeficientes de seguridad obtenidos por cada modelo

Se puede apreciar que ICAFIR obtiene un número de ejes que dista de los obtenidos por KENPAVE y ANSYS, los cuales son muy parecidos. Se debe a que su método de sustitución de capa hace que la máxima deformación vertical de la cara superior del cemento sea diferente a la de los otros modelos debido a que se están cambiando las propiedades de los materiales. También es cierto que ICAFIR obtiene un coeficiente mucho más restrictivo que KENPAVE y ANSYS.

# 5 CONCLUSIONES

---

## 5.1 Sobre la modelización de la estructura del firme y del cimiento

En este trabajo se han propuesto dos modelos de estructura (elementos distintos) para su aplicación en el método de los elementos finitos con el fin de realizar un análisis comparativo con métodos multicapa analizados mediante las herramientas informáticas de KENPAVE y de ICAFIR.

Para ello, se ha utilizado el programa ANSYS debido a que es un programa que la Universidad de Sevilla facilita al alumnado para la práctica y el estudio del comportamiento estructural de elementos finitos. Las hipótesis que se han llevado a cabo para la modelización de las secciones de firmes mediante este programa han sido:

- Modelización de la sección del firme como una estructura multicapa. En cada capa se han utilizado las propiedades del material al que representan.
- Comportamiento elástico-lineal. Se ha podido comprobar que en ningún momento se ha alcanzado el límite elástico de los materiales, por lo que los materiales están sometidos a unas deformaciones que son recuperables.
- Se ha tenido en cuenta la limitación de la geometría del problema, abordándola con las hipótesis de extensión horizontal y la limitación de la profundidad del cajón de hormigón en el que se realizan los ensayos en el CEDEX.
- Las capas se han supuesto con espesores constantes y los materiales se han supuesto sin porosidad, por lo que se han modelado materiales homogéneos.
- Modelización de la carga del neumático mediante un círculo sobre el que se ejerce una presión que simula la sollicitación.

## 5.2 Sobre los resultados

Antes de empezar a hablar en este apartado, cabe destacar la limitación de la malla utilizada con el programa de elementos finitos ANSYS. La licencia estudiantil limita la discretización de la estructura a 32.000 elementos, cuando en el estudio realizado por el Dr. Reinoso [3] explica que «Estos elementos proporcionan una modelización adecuada del dominio bajo estudio, empleándose una densidad de malla del orden de 120.000 elementos». Como se puede apreciar, se está hablando de una malla del orden de cuatro veces superior. Por lo tanto, la malla propuesta en los modelos realizados con el programa ANSYS resulta un tanto gruesa en comparación con la necesaria para poder realizar un análisis preciso.

No obstante, a la luz de las soluciones obtenidas en el presente trabajo, se puede concluir que los resultados de cálculo obtenidos mediante las herramientas de KENPAVE y de ANSYS se asemejan más en las zonas límite entre capas que forman el firme, que las que calcula la herramienta de ICAFIR.

En la zona de contacto del neumático con la sección de estudio, se puede concluir que el método de KENPAVE reproduce resultados que distan de los esperados, a diferencia de los métodos de ICAFIR y de ANSYS, los cuales suelen aproximarse en dichos puntos.

También se ha podido comprobar que los resultados entre el método multicapa y el de elementos finitos es más o menos convergente en la explanada de la sección, aunque ICAFIR dispersa los resultados con respecto a los otros dos programas en la base del firme debido a la teoría de sustitución

de capas que conlleva, ya que crea una explanada equivalente que no coincide con las explanadas utilizadas en los otros análisis.

Por tanto, utilizando un programa de elementos finitos, que no deja de ser una variable de mejora de potencia de cálculo para poder comprobar los resultados de los métodos multicapa, se puede concluir que, teniendo en cuenta el alto coste computacional que requieren, proporcionan resultados quasi-estáticos asumibles. Además, presentan la comodidad de que permiten obtener un amplio resultado de tensiones, deformaciones y desplazamientos, algo limitado por parte de los otros dos métodos.

Con respecto al análisis del número de ejes, se puede decir que en todos los casos se cumple el criterio de fallo del firme y el del cimiento. Cabe destacar que los distintos modelos realizados dan resultados más o menos parecidos a excepción del ANSYS185, el cual demuestra una dispersión de resultados al calcular las deformaciones radiales.

En cuanto a las leyes de fatiga de los materiales, se puede decir que debido a que se utilizan fórmulas basadas en ensayos, obtienen resultados dispersos según el autor que se escoja, de tal forma que habrá algunas muy conservadoras y otras que, sin embargo, limiten mucho la vida útil del firme.

Sin embargo, se puede decir que al encontrarnos amparados por la norma 6.1 I.C, no tiene sentido utilizar leyes que difieran de los resultados obtenidos por dicha norma en el sentido de obtener resultados más conservadores, aunque se pueden utilizar otras leyes que limiten el número de ejes, ya que si se cumplen dichas leyes, como puede ser el caso de la ley propuesta por la norma andaluza o la del CEDEX usada en el COST324, se estará en el lado de la seguridad con respecto a la estatal.

En el caso de la sección 121, se ha podido observar que dicha sección rompe antes de lo que dicen las leyes de fatiga que utiliza tanto la norma 6.1 I.C como la andaluza. Esto quiere decir que algunas de las secciones que se construyen y que fallan se pueden deber precisamente a esta carencia. Por tanto, sería conveniente realizar una nueva línea de investigación para mejorar la durabilidad de los firmes mediante la realización de unos análisis tenso-deformacionales más precisos con la finalidad de poder realizar modificaciones en las secciones propuestas por ambas normas mediante estas leyes de fatiga.

## 6 NUEVAS LÍNEAS DE TRABAJO

---

Para finalizar el presente trabajo, se propondrán un listado de nuevas líneas de investigación para poder completar este estudio.

- Profundizar en el estudio de todas las secciones de la norma 6.1 I.C para tener una visión general de las seguridad estructural del catálogo de secciones propuesto.
- Profundizar en las leyes de fatiga dado el inexperado resultado de COST324.
- Estudio técnico de firmes mediante el uso de un modelo de elementos finitos más completo, de tal forma que pueda obtener una respuesta de la sección más próxima a la real mediante viscoelasticidad, porosidad de los materiales, etcétera.
- Análisis tenso-deformacional de secciones suponiendo que las capas que la constituyen no tienen una condición de adherencia perfecta.
- Revisión del código de la herramienta ICAFIR para ajustarla a los resultados de otras herramientas de cálculo, como las propuestas en este trabajo, y verificarlas con los datos que tiene la administración andaluza de cara a poder mejorar la seguridad estructural y la durabilidad de las secciones de firmes que se pretenden construir.
- Estudio técnico-económico de firmes para optimizar el coste de las secciones con la ayuda de la publicación del IV Congreso Nacional de Firmes «Evaluación técnico-económica de las secciones de firme de la Norma 6.1-IC »[16].
- Estudio técnico de firmes utilizando espectros de carga en lugar de leyes de fatiga.





# 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- [1] Ministerio de Fomento, “Instrucción de carreteras. Norma 6.1 IC: Secciones de firme,” *Norm. Instr. Construcción*, 2003.
- [2] J. Villanueva Mena-Bernal and B. González González, “Estudio comparado de los métodos analíticos de dimensionamiento de firmes y su evolución,” 2015.
- [3] J. Reinoso Cuevas, “Trabajo de Curso,” pp. 1–19.
- [4] L. Medina Rodríguez and I. Pérez Pérez, “Comprobación estructural de las secciones de firme de la Instrucción de Carreteras 6.1 Y 6.2 I.C.”
- [5] B. González González, *Apuntes de la asignatura de Construcciones Civiles*. 2106.
- [6] C. de O. P. y Transportes, “Instrucción para el diseño de firmes de la red de carreteras de Andalucía,” p. 158, 2007.
- [7] Universidad Nacional del Centro del Perú, “Manual de guía y aplicación- KENPAVE.”
- [8] ANSYS, “ANSYS Mechanical APDL Theory Reference,” *ANSYS Inc*, 2016.
- [9] Y. H. (Yang H. Huang, *Pavement analysis and design*. Prentice Hall, 1993.
- [10] Y. H. Huang, *Pavement Analysis and Design*. 2003.
- [11] Dirección General de Carreteras, “Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3),” *Carreteras*, 2004.
- [12] A. Mateos Moreno, “Modelización numérica de la respuesta estructural de los firmes flexibles a partir de medidas experimentales en pista de ensayo a escala real,” 2003.
- [13] R. Izquierdo, I. Morilla, M. A. Del Val, and J. Viguera, *Estudio Técnico-económico de las secciones estructurales para firmes de carreteras*. 1990.
- [14] Centro de Publicaciones. Ministerio de Fomento, *Comportamientos de firmes largo plazo. COST 324. Informe final*, 1ª. 1998.
- [15] R. Crespo and C. Sánchez, “Justificación tensional de las secciones estructurales propuestas en el catálogo de firmes de autovías,” 1986.
- [16] D. C. Kraemer, “Evaluación técnico-económica de las secciones de firme de la Norma 6.1-IC.”
- [17] F. A. Reyes Lizcano, “Diseño Racional de Pavimentos,” in *Diseño Racional de Pavimentos*, 2004, pp. 267–268.



## 8 ANEJOS

### 8.1 Anejo A- Modelos utilizados en mecánica de firmes

#### 8.1.1 Modelo de Boussinesq (1883)

Fue un modelo que permitió estimar las tensiones producidas en los puntos internos de un suelo debido a la aplicación de una carga. Para ello, realizó las siguientes hipótesis, tal y como en «Diseño racional de pavimentos» [17] enumera:

- Semiespacio infinitamente grande. Solo se limitarán por tanto los suelos en la superficie horizontal superior.
- La carga debida a la sollicitación del vehículo puede ser modelizada como una presión circular del orden de entre 0.2 y 0.7 MPa. Se utilizará un círculo de carga de radio  $a$ .

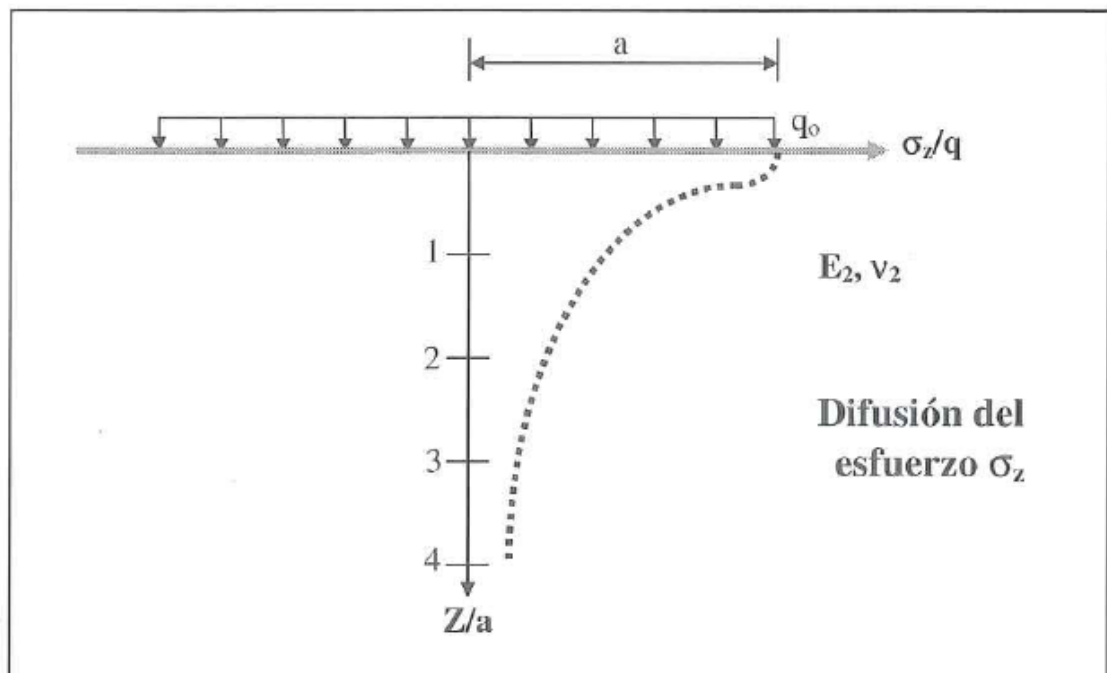


Figura 8-1. Tensión vertical de respuesta producida según la teoría de Boussinesq. Imagen 3.1 de «Diseño racional de pavimentos»

- Comportamiento elástico-lineal. Un incremento de tensión produce un incremento de deformación.
- Material isótropo y homogéneo. Es decir, sus propiedades son iguales en todas las direcciones.

La respuesta adoptada por Boussinesq puede observarse en la ecuación 8-1.

$$\sigma_z = q_o \left[ 1 - \frac{\left(\frac{z}{a}\right)^3}{\left(1 + \left(\frac{z^2}{a^2}\right)\right)^{\frac{3}{2}}} \right] \quad 8-1$$

A la luz de la ecuación planteada por Boussinesq, se puede contemplar que la tensión es proporcional a la presión circular ejercida y que no depende del módulo elástico del terreno. Además, todo espesor  $H$  calculado será proporcional al radio  $a$ .

### 8.1.2 Modelo bicapa: Westergaard

Los modelos bicapa aparecieron debido a que, para conseguir una respuesta de esfuerzos verticales pequeña, se necesitan capas de espesor muy grandes. Una solución consiste en aumentar el módulo elástico de dicha capa, para lo que se suele hacer es, por ejemplo, estabilizando el terreno mediante el uso de ligantes hidráulicos (entre otros). Este tipo de materiales presentan el inconveniente de que la deformación del firme debida a las sollicitaciones viene acompañada por tracciones. Por lo tanto, además de comprobar que los esfuerzos verticales sean inferiores a un valor mínimo, la tracción producida en la base del firme debe ser inferior a unos límites.

Una de las soluciones empleadas fue la de Westergaard. Partiendo de las hipótesis realizadas por el semiespacio infinito de Boussinesq, se considera que la explanada se comporta como un conjunto de muelles, en los cuales existe una proporcionalidad entre la tensión y el asiento producido en el mismo punto, es decir, se considera que la explanada se comporta como una fundación de Winkler. La ecuación, por tanto, será del tipo:

$$\sigma_v = k * w \quad 8-2$$

Siendo  $k$  la constante de proporcionalidad del resorte y  $w$  el desplazamiento vertical o asiento.

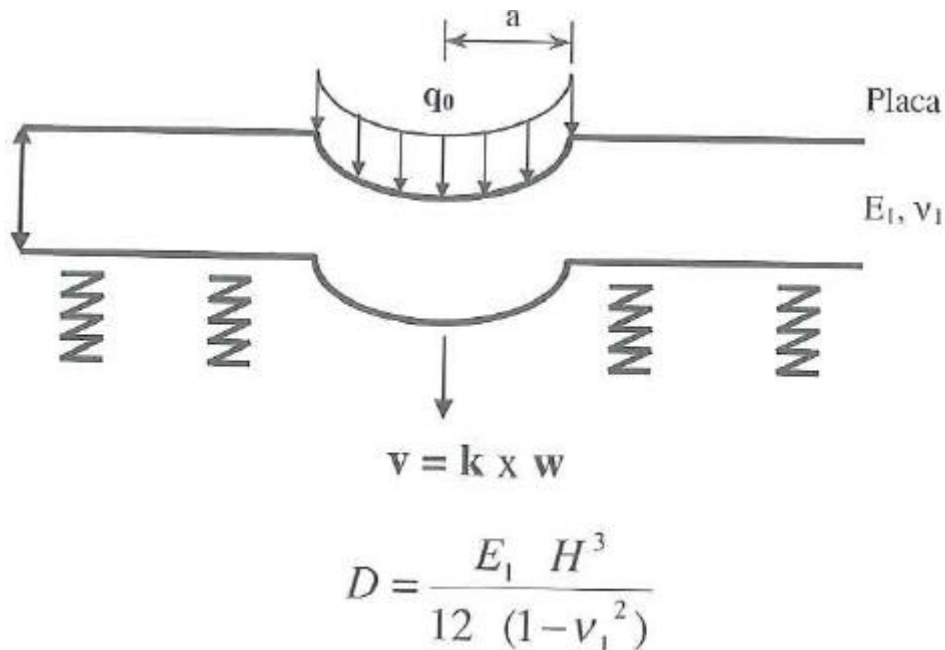


Figura 8-2. Respuesta del modelo de Westergaard. Imagen 3.4 de «Diseño racional de pavimentos»

La ecuación inferior se debe a que se ha utilizado la ecuación de Lagrange para placas delgadas a modo de solución del problema.

$$\nabla^2 = \frac{P(r)}{D} \quad 8-3$$

Por otro lado, utilizando las condiciones de contorno de una placa rectangular de borde libre, se tiene:

$$\begin{aligned} P(r) &= V(r) - q_o \\ P(r) &= 0 \text{ En el contorno} \end{aligned} \quad 8-4$$

Operando y diciendo que  $V(r)=w(r)$ , tenemos:

$$\nabla^2 w(r) + \frac{k}{D} w(r) = \frac{q(r)}{D} \quad 8-5$$

Si se realiza el cambio de variable:  $l = \sqrt{\frac{D}{k}}$

Siendo  $l$  el radio de rigidez de la calzada.

$$\nabla^2 w(x) + kw(x) = \frac{q(r)}{k} \quad 8-6$$

### 8.1.3 Modelo multicapa: Burmister

Surgen debido a que facilitan la modelización de la estructura. Está formado por un modelo tricapa formado por la capa asfáltica, el material granular y el terreno. Las hipótesis que este modelo utiliza son:

- Comportamiento elástico-lineal de los materiales. Cada capa corresponde a un sólido elástico.
- Se puede suponer que las capas se encuentran pegadas o despegadas las unas de las otras.
- Posibilidad de realizar análisis con cargas múltiples.

Cabe destacar la limitación de los resultados de los efectos de borde de la calzada o de en fisuras. No obstante, al estar situados a una distancia lo suficientemente grande de la zona de la carga, no se ve afectado. Esto no ocurre para el caso de firmes rígidos.

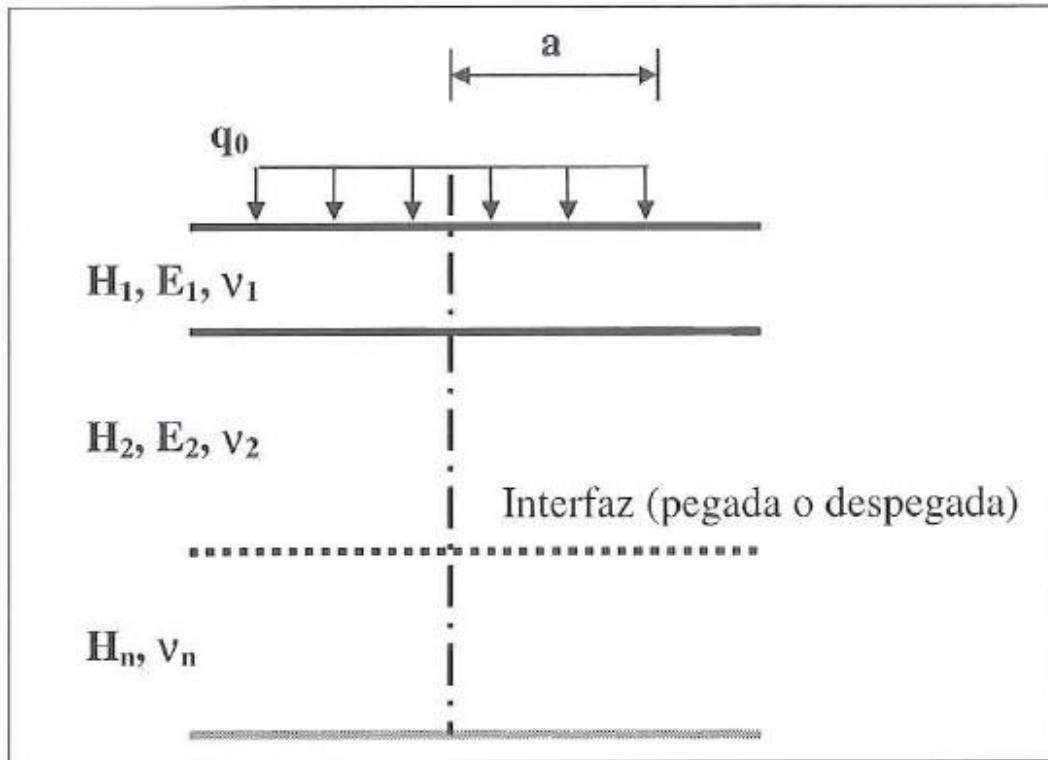


Figura 8-3. Modelo multicapa de Burmister. Imagen 3.5 de «Diseño racional de pavimentos»

La solución de este problema se presenta como una función biarmónica, tal y como dice la función de Airy. Por lo tanto, se sabe que su bilaplaciano es nulo. Como tenemos una carga circular, se plantea el problema en coordenadas cilíndricas.

$$\Delta^2 \varphi(r, z) = 0 \quad \Delta^2 = \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} + \frac{d^2}{dz^2} \quad 8-7$$

Operando, se puede llegar a la conclusión de que los desplazamientos son los siguientes:

$$u = -\frac{1+\nu}{E} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r \partial z} \quad 8-8$$

$$w = \frac{1+\nu}{E} \left( (1-2\nu) \nabla^2 \varphi + \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} \right)$$

Para una estructura de  $n$  capas, el documento «Diseño racional de pavimentos» [17] dice que «se buscarán  $n$  funciones definidas para cada una de las capas. La solución que propone la obtiene utilizando la inversa de la transformada de Henkel. Teniendo en cuenta que el bilaplaciano es nulo, las condiciones de contorno (para determinar las variables que son desconocidas) y si a esas funciones se les aplica la transformada inversa, se obtiene la siguiente solución:

$$\varphi_i(m, z) = y_i(m) \left[ (A_i(m) + zB_i(m))e^{mz} - (B_i(m) + zD_i(m))e^{-mz} \right] \quad 8-9$$

## 8.2 Anejo B- Cálculo del tráfico equivalente de proyecto

En este estudio, se ha procedido a realizar una estimación del tráfico equivalente de proyecto. Para ello, se ha procedido a utilizar las recomendaciones que la norma andaluza [6] ofrece.

Primero de todo, como uno de los datos de partida para utilizar las tablas de los firmes de la norma 6.1 I.C [1] es la categoría de tráfico, se va a proceder a, supuesta una categoría de tráfico, estimar un número de ejes equivalentes. En este caso, se va a explicar paso a paso el proceso para una sección con tráfico T1, aunque al finalizar el anejo se expondrá una tabla resumen con las estimaciones realizadas para todas las categorías.

La expresión utilizada por la norma andaluza para el cálculo del tráfico equivalente de proyecto es la siguiente:

$$TP = IMD_{PA} * CE * 365 * F * \gamma_t$$

A continuación, se expondrán los pasos utilizados para calcular cada uno de los datos necesarios para resolver dicha ecuación.

### 8.2.1 $IMD_{PA}$

Para el cálculo de la Intensidad Media Diaria de vehículos pesados en el carril de proyecto en el año de apertura al tráfico, se utilizará la tabla 3.1 de la norma andaluza, en la cual aparecen los intervalos de  $IMD_{PA}$  propios para cada tipo de categoría de tráfico.

**Tabla 3.1. Categorías del tráfico pesado**

| Categoría | $IMD_{PA}$               |
|-----------|--------------------------|
| T00       | $\geq 4.000$             |
| T0        | $\geq 2.000$ y $< 4.000$ |
| T1        | $\geq 800$ y $< 2.000$   |
| T2        | $\geq 200$ y $< 800$     |
| T3A       | $100$ y $< 200$          |
| T3B       | $\geq 50$ y $< 100$      |
| T4A       | $\geq 25$ y $< 50$       |
| T4B       | $< 25$                   |

Tabla 8-1. Tabla 3.1 de la Instrucción para el diseño de firmes de la Red de Carreteras de Andalucía

En el caso que se está estudiando, se tiene una categoría de tráfico T1, por lo tanto, la  $IMD_{PA}$  de dicho firme estará comprendida entre 800 y 2000 vehículos pesados. En este caso, se va a suponer que se tiene una  $IMD_{PA}=1400$  de vehículos pesados por ser el valor medio de los límites establecidos.

### 8.2.2 CE

Para obtener el coeficiente de equivalencia de los vehículos pesados, se utilizará la tabla 3.2 de la norma andaluza, en la cual se recogen los siguientes datos:

**Tabla 3.2. Valores del coeficiente de equivalencia (CE)**

| Tipo de firme                           | CE  |
|---|-----|
| Firme con base bituminosa o granular    | 0,6 |
| Firme con base tratada con cemento      | 0,8 |
| Firme con pavimento de hormigón vibrado | 1,0 |

Tabla 8-2. Tabla 3.2 de la Instrucción para el diseño de firmes de la Red de Carreteras de Andalucía  
Como nos encontramos en el caso de que nuestro firme tiene una base granular, tenemos un  $CE=0.6$ .

### 8.2.3 F

Para calcular el factor de crecimiento del tráfico de vehículos pesados, la norma andaluza nos propone la tabla 3.3, en la que se necesitan como datos de entrada el periodo de proyecto del firme a estudiar y la tasa anual de crecimiento anual de vehículos pesados. Para ello, la propia norma nos aconseja que «En ausencia de datos fiables se recogerá una tasa de crecimiento anual entre un 2 y un 4%» y que «En el diseño de firmes de nueva construcción y de ampliación de calzada de carreteras de la Red Principal se adoptará como periodo de proyecto 20 años, excepto para pavimentos de hormigón que será de 30 años».

**Tabla 3.3. Factor de crecimiento para distintas tasas de crecimiento anual del tráfico de vehículos pesados y periodos de proyecto**

| Periodo de proyecto (años) | Tasa anual de crecimiento (%) |      |      |      |
|----------------------------|-------------------------------|------|------|------|
|                            | 2                             | 3    | 4    | 5    |
| 10                         | 10,9                          | 11,5 | 12,0 | 13,2 |
| 15                         | 17,3                          | 18,6 | 20,0 | 23,3 |
| 20                         | 24,3                          | 26,9 | 29,8 | 36,8 |
| 30                         | 40,6                          | 47,6 | 56,1 | 79,1 |

Tabla 8-3. Tabla 3.3 de la Instrucción para el diseño de firmes de la Red de Carreteras de Andalucía  
Teniendo en cuenta que se ha escogido un periodo de proyecto de 20 años y una tasa de crecimiento del 3%, tenemos que  $F=26.9$ .

### 8.2.4 $\gamma_t$

Se trata del coeficiente de mayoración de las cargas, el cual depende según la norma andaluza de la categoría de tráfico. Dicho coeficiente queda reflejado en la tabla 3.5 de la misma.

**Tabla 3.5. Coeficiente de mayoración de las cargas**

| Categoría de tráfico pesado | $\gamma_t$ |
|-----------------------------|------------|
| T00 a T1                    | 1,20       |
| T2 y T3                     | 1,10       |
| T4                          | 1,00       |

Tabla 8-4. Tabla 3.5 de la Instrucción para el diseño de firmes de la Red de Carreteras de Andalucía  
Como estamos en el caso de una categoría de tráfico T1, el coeficiente será de  $\gamma_t=1.2$ .



### 8.2.5 Cálculo del tráfico equivalente

Teniendo en cuenta la ecuación que se mostró al principio de este anejo y los datos obtenidos en los apartados 8.2.1, 8.2.2, 8.2.3 y 8.2.4, tenemos la siguiente cuenta:

$$TP = IMD_{pA} * CE * 365 * F * \gamma_t = 1400 * 0.6 * 365 * 26.9 * 1.2$$

$$TP = 9.897.048 \text{ ejes equivalentes de } 13t$$

Por lo tanto, se van a estimar 10.000.000 ejes equivalentes de 13t.

Por último, se va a adjuntar una tabla resumen en la que se justifican, siguiendo todo el proceso explicado en este anejo, el tráfico equivalente de proyecto que se ha supuesto.

| CATEGORÍA | IMD <sub>pA</sub> | CE  | F    | $\gamma_t$ | TP CALCULADO | TP UTILIZADO |
|-----------|-------------------|-----|------|------------|--------------|--------------|
| T00       | 5000              | 0.6 | 26.9 | 1.2        | 35346600     | 40000000     |
| T0        | 3000              | 0.6 | 26.9 | 1.2        | 21207960     | 20000000     |
| T1        | 1400              | 0.6 | 26.9 | 1.2        | 9897048      | 10000000     |
| T2        | 500               | 0.6 | 26.9 | 1.1        | 3240105      | 4000000      |
| T31       | 150               | 0.6 | 26.9 | 1.1        | 972032       | 1000000      |
| T32       | 75                | 0.6 | 26.9 | 1.1        | 486016       | 500000       |
| T41       | 30                | 0.6 | 26.9 | 1          | 176733       | 200000       |
| T42       | 15                | 0.6 | 26.9 | 1          | 88367        | 100000       |

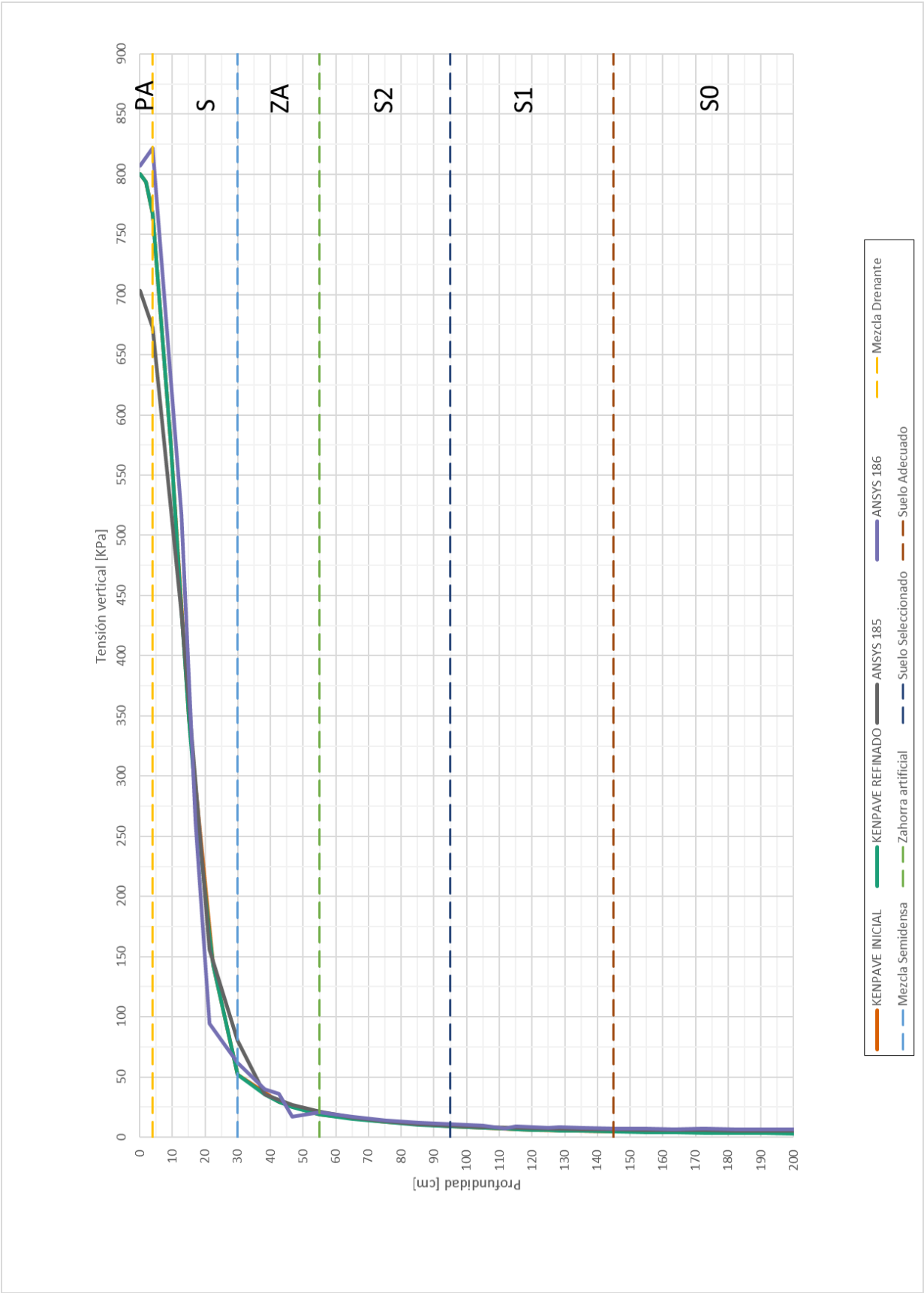
Tabla 8-5. Tráfico de pesados de proyecto que se ha supuesto para cada categoría

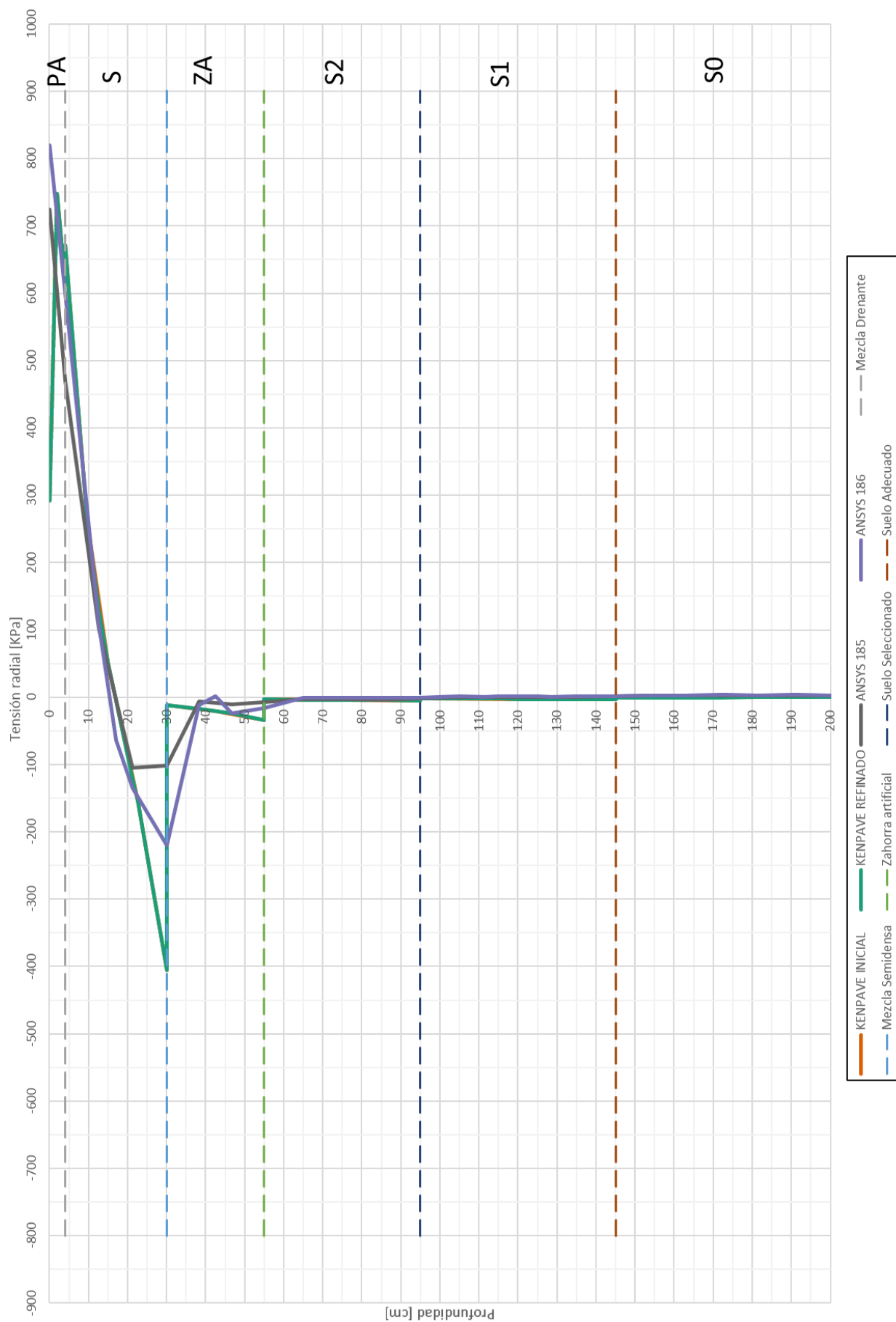


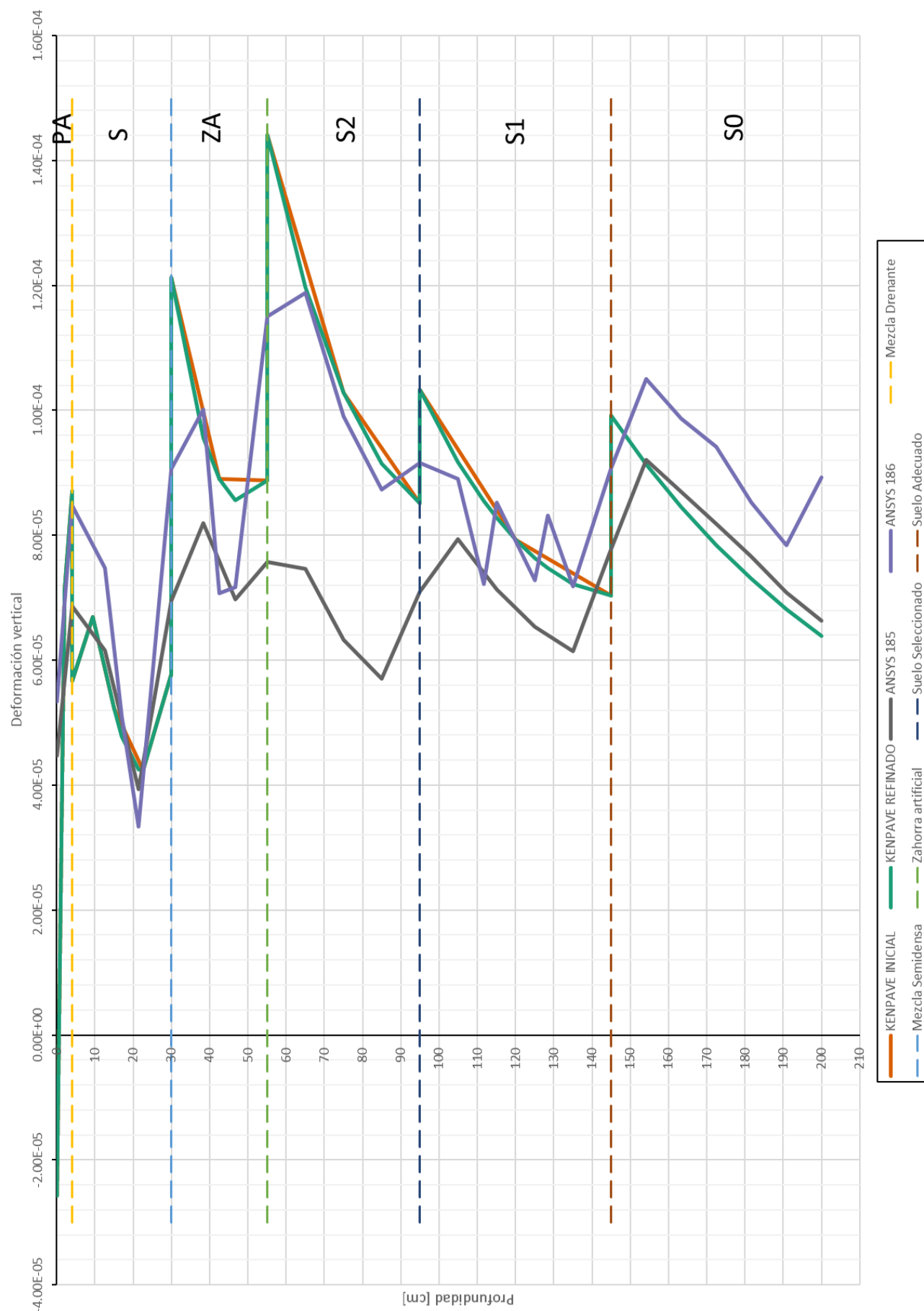
### **8.3 Anejo C – Resultados y gráficos de la sección 121**

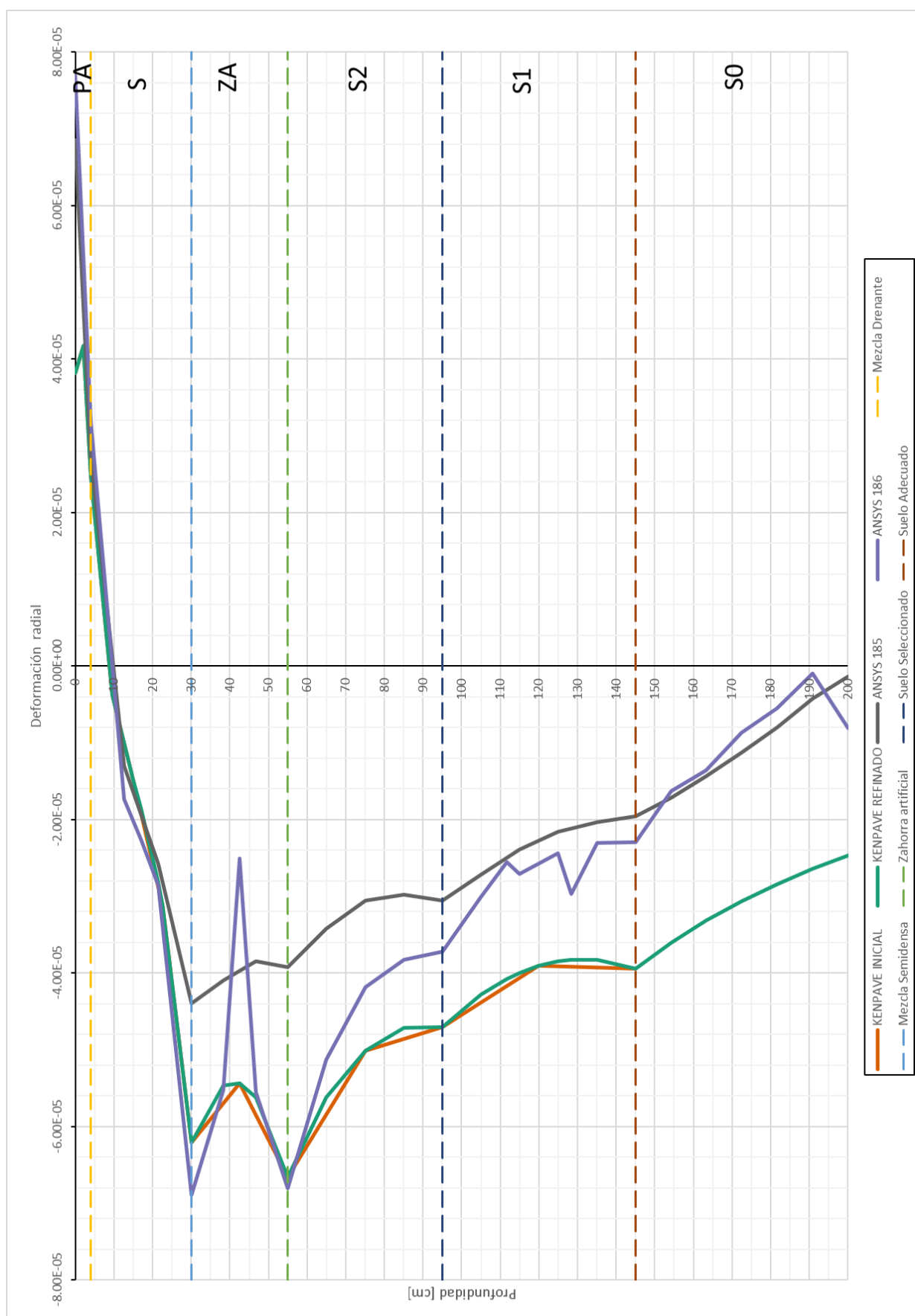
En este anejo, se presentan los datos utilizados para el cálculo de la sección 121 por parte de las herramientas utilizadas. Cabe hacer una mención de que se han incluido los resultados obtenidos por ICAFIR para que se pueda comprobar que la sección no cumple según este programa. Además, se adjuntarán las gráficas comparativas entre los modelos utilizados para que puedan observarse con mayor facilidad.

#### **8.3.1 Gráficos del análisis tenso-deformacional de la sección 121**










## 8.3.2 Resultados de ICAFIR para la sección 121

| ICAFIR 2006  |   | Fecha: 15/05/2019 |
|--|---|-------------------|
| Proyecto:  | Sección 121 sobre explanada 3                         |                   |
| Referencia:  |   |                   |
| Autor:   | Manuel Díaz Luque                                     |                   |
| Fecha:   | miércoles, 07 de noviembre de 2018                    |                   |
| Itinerario:  |   |                   |
| <b>Tramo 0 PK 0+00 al PK 0+50</b>  |   |                   |
| <b>Solicitaciones de cálculo</b>   |   |                   |
| <b>Tráfico</b>   |   |                   |
| Categoría:   | T1  |                   |
| Ejes de cálculo:   | 10.000.000  |                   |
| <b>Clima</b>   |   |                   |
| Zona térmica:  | ZT1   |                   |
| Zona pluviométrica:  | ZP5   |                   |
| <b>Sección de Firme <sup>(1)</sup></b>   |   |                   |
| <b>Sección válida</b>  | <b>Capa</b>   | <b>Epesor</b>     |
|  | Mezcla Drenante                                       | 4 cm              |
|  | Mezcla Semidensa                                      | 11 cm             |
|  | Mezcla Semidensa                                      | 15 cm             |
|  | Zahorra Artificial                                    | 25 cm             |
|  | Ejes mínimos de cálculo 31,811,601                    |                   |
|  | Ejes equivalentes 10,000,000 = 3.18                   |                   |
| <sup>(1)</sup> Sección válida. Ejes equivalentes resultantes del cálculo: 31,811,601 > 10,000,000  |   |                   |
| <b>Subtramo 0 PK 0+00 al PK 0+50</b>   |   |                   |
| <b>Sección de Cimiento de Firme <sup>(2)</sup></b>   |   |                   |
| <b>SECCIÓN NO VÁLIDA</b>   | <b>Capa</b>   | <b>Epesor</b>     |
|  Desmonte   | Suelo Seleccionado Tipo 2                             | 20 cm             |
|  | Suelo Seleccionado Tipo 2                             | 20 cm             |
|  | Suelo Adecuado - CBR 10                               | 20 cm             |
|  | Suelo Adecuado - CBR 10                               | 30 cm             |
|  | Suelo Tolerable - CBR 5<br>Terreno natural subyacente | Indefinido        |
| <sup>(2)</sup> La sección [Tramo 0 - Subtramo 0 - Cimiento de Firme] No es válida, el módulo equivalente del cimiento (120.14 MPa) es inferior al necesario para la categoría del firme (160.00 MPa) |   |                   |





ICAFIR 2006

Fecha: 02/06/2019

## Sección de Firme - Contacto adherente

| Capa | Esp. cm | E MPa | v    | Lado | Prof. cm | εt (1) | εt (2)         | εt (3)         | εv (1)         | εv (2)        | εv (3)        | σt (1) MPa     | σt (2) MPa     | σt (3) MPa     | σv (1) MPa     | σv (2) MPa    | σv (3) MPa    |               |                |
|------|---------|-------|------|------|----------|--------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 0    | 4.00    | 4000  | 0.35 |      |          | 0.00   | 5.483566E-005  | 7.654564E-005  | 7.115751E-005  | 6.556175E-005 | 5.193647E-005 | 5.193647E-005  | -5.261554E-005 | 7.682200E-001  | 8.748899E-001  | 3.443862E-001 | 8.000010E-001 | 8.019739E-001 | -2.234879E-002 |
|      |         |       |      |      |          | 4.00   | 1.557250E-005  | 3.101600E-005  | 3.922932E-005  | 1.026287E-004 | 9.176012E-005 | 5.085684E-001  | -4.327254E-005 | 5.868796E-001  | 2.610499E-001  | 7.665128E-001 | 7.668622E-001 | 1.659993E-002 |                |
| 1    | 11.00   | 6000  | 0.33 |      |          | 4.00   | 1.557250E-005  | 3.101600E-005  | 3.922932E-005  | 7.088307E-005 | 6.093096E-005 | 5.169914E-001  | -4.007988E-005 | 6.319075E-001  | 3.743857E-001  | 7.665128E-001 | 7.668622E-001 | 1.659993E-002 |                |
|      |         |       |      |      |          | 15.00  | -1.671439E-005 | -1.614338E-005 | -1.009398E-005 | 5.517503E-005 | 5.364337E-005 | 1.045184E-005  | 3.394015E-002  | 2.331036E-002  | 3.441279E-001  | 3.487676E-001 | 1.159982E-001 |               |                |
| 2    | 15.00   | 6000  | 0.33 |      |          | 15.00  | -1.671439E-005 | -1.614338E-005 | -1.009398E-005 | 5.517503E-005 | 5.364337E-005 | 1.045184E-005  | 3.394015E-002  | 2.331036E-002  | 3.441279E-001  | 3.487676E-001 | 1.159982E-001 |               |                |
|      |         |       |      |      |          | 30.00  | -4.059137E-005 | -5.962074E-005 | -6.254271E-005 | 4.457169E-005 | 5.506682E-005 | 5.348721E-005  | -3.434238E-001 | -4.659277E-001 | -4.710062E-001 | 4.077045E-002 | 5.344388E-002 | 5.243712E-002 |                |
| 3    | 25.00   | 480   | 0.35 |      |          | 30.00  | -4.059137E-005 | -5.962074E-005 | -6.254271E-005 | 9.663696E-005 | 1.234840E-004 | -8.021845E-003 | 1.166003E-002  | -1.250012E-002 | 4.077045E-002  | 5.344388E-002 | 5.243712E-002 |               |                |
|      |         |       |      |      |          | 55.00  | -3.315504E-005 | -5.809646E-005 | -6.112070E-005 | 5.334627E-005 | 8.575007E-005 | 9.216995E-005  | -1.716604E-002 | -2.833227E-002 | -3.028570E-002 | 1.358998E-002 | 2.281317E-002 | 2.421764E-002 |                |
| 4    | #NLM    | 160   | 0.35 |      |          | 55.00  | -3.315504E-005 | -5.809646E-005 | -6.112070E-005 | 8.862795E-005 | 1.449766E-004 | 1.550427E-004  | -8.435582E-004 | -1.254747E-003 | -1.401724E-003 | 1.358998E-002 | 2.281317E-002 | 2.421764E-002 |                |

(1) Bajo rueda simple (2) Bajo una de las ruedas gemelas. (3) Bajo el centro de las ruedas gemelas.

Firme

|                    |
|--------------------|
| Tramo 0            |
| PK 0+00 al PK 0+50 |

|                            |
|----------------------------|
| Mezcla Drenante / 4 cm     |
| Mezcla Semidensa / 11 cm   |
| Mezcla Semidensa / 15 cm   |
| Zahorra Artificial / 25 cm |

Cimiento del firme

|   |
|---|
| Tramo 0                                       |
| PK 0+00 al PK 0+50                            |
| Categoría A.Ita. Módulo equivalente > 160 MPa |
| Subtramo 0                                    |
| Desmonte                                      |
| PK 0+00 al PK 0+50                            |



|                                      |
|--------------------------------------|
| SECCIÓN NO VALIDA                    |
| Suelo Seleccionado Tipo 2 / 20 cm    |
| Suelo Seleccionado Tipo 2 / 20 cm    |
| Suelo Adecuado - CBR 10 / 20 cm      |
| Suelo Adecuado - CBR 10 / 30 cm      |
| Suelo Tolerable - CBR 5 / Indefinido |
| Terreno natural subyacente           |

### 8.3.3 Resultados de KENPAVE para la sección 121

Se presentará, en primer lugar, los datos obtenidos para el modelo KENPAVE INICIAL y, posteriormente, se añadirán el resto de los puntos con los que se ha creado KENPAVE REFINADO.

INPUT FILE NAME -C:\Users\Manuel\Desktop\kenpave\121-s3-modificada.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -121-3

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = 0.001

NUMBER OF LAYERS (NL)----- = 7

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)----- = 19

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80

COMPUTING CODE (NSTD)----- = 9

SYSTEM OF UNITS (NUNIT)----- = 1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa

unit weight in kN/m<sup>3</sup>, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4 11 15 25 40 50

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.35 0.33 0.33 0.35 0.35 0.35

0.35

VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 2 4 4.001 9.5 15 15.001

22.5 30 30.001 42.5 55 55.001 75 95 95.001 120 145 145.001

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 4.000E+06 2 6.000E+06

3 6.000E+06 4 5.000E+05 5 1.500E+05 6 1.000E+05 7 5.000E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 2 CONTACT AREAS

CONTACT RADIUS (CR)----- = 11.35

CONTACT PRESSURE (CP)----- = 800

NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 9

WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)----- = 0

WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)----- = 37.5

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE: 1 0.000 0.000 2 37.500 0.000

3 75.000 0.000 4 0.000 9.375 5 37.500 9.375 6 75.000 9.375

7 0.000 18.750 8 37.500 18.750 9 75.000 18.750

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

| POINT<br>NO. | VERTICAL<br>DISPL. | VERTICAL<br>COORDINATE | VERTICAL<br>P. STRAIN | MAJOR<br>PRINCIPAL<br>STRESS<br>(STRAIN) | MINOR<br>PRINCIPAL<br>STRESS<br>(STRAIN) | INTERMEDIATE<br>STRESS<br>(STRAIN) |
|--------------|--------------------|------------------------|-----------------------|--|--|------------------------------------|
|--------------|--------------------|------------------------|-----------------------|--|--|------------------------------------|

|   |          |            |            |           |            |            |
|---|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| 1 | 0.00000  | 0.03360    | 800.000    | 295.606   | 102.485    | 291.897    |
|   | (STRAIN) | 3.814E-05  | -2.579E-05 | 3.939E-05 | -2.579E-05 | 3.814E-05  |
| 1 | 2.00000  | 0.03639    | 793.633    | 794.278   | 705.613    | 747.797    |
|   | (STRAIN) | 4.170E-05  | 7.118E-05  | 7.140E-05 | 4.147E-05  | 5.571E-05  |
| 1 | 4.00000  | 0.03623    | 767.019    | 768.143   | 581.168    | 613.822    |
|   | (STRAIN) | 2.475E-05  | 8.709E-05  | 8.747E-05 | 2.437E-05  | 3.539E-05  |
| 1 | 4.00100  | 0.03623    | 766.999    | 768.441   | 621.551    | 670.952    |
|   | (STRAIN) | 2.474E-05  | 5.667E-05  | 5.699E-05 | 2.443E-05  | 3.538E-05  |
| 1 | 9.50000  | 0.03587    | 572.427    | 576.536   | 249.742    | 265.337    |
|   | (STRAIN) | -3.769E-06 | 6.685E-05  | 6.776E-05 | -4.679E-06 | -1.222E-06 |
| 1 | 15.00000 | 0.03554    | 348.293    | 356.049   | 46.033     | 51.747     |
|   | (STRAIN) | -1.476E-05 | 5.224E-05  | 5.396E-05 | -1.476E-05 | -1.349E-05 |
| 1 | 15.00100 | 0.03554    | 348.258    | 356.014   | 46.000     | 51.717     |
|   | (STRAIN) | -1.476E-05 | 5.224E-05  | 5.396E-05 | -1.476E-05 | -1.349E-05 |
| 1 | 22.50000 | 0.03519    | 142.595    | 148.853   | -189.518   | -154.341   |
|   | (STRAIN) | -3.128E-05 | 4.233E-05  | 4.372E-05 | -3.128E-05 | -2.349E-05 |
| 1 | 30.00000 | 0.03484    | 51.655     | 51.987    | -489.470   | -405.496   |
|   | (STRAIN) | -6.214E-05 | 5.781E-05  | 5.789E-05 | -6.214E-05 | -4.352E-05 |
| 1 | 30.00100 | 0.03484    | 51.652     | 54.045    | -16.256    | -11.727    |

|   |           |            |            |           |            |            |
|---|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
|   | (STRAIN)  | -6.213E-05 | 1.212E-04  | 1.277E-04 | -6.213E-05 | -4.991E-05 |
| 1 | 42.50000  | 0.03357    | 29.476     | 30.925    | -23.640    | -20.688    |
|   | (STRAIN)  | -5.445E-05 | 8.897E-05  | 9.288E-05 | -5.445E-05 | -4.648E-05 |
| 1 | 55.00000  | 0.03249    | 19.022     | 19.267    | -38.528    | -34.206    |
|   | (STRAIN)  | -6.660E-05 | 8.879E-05  | 8.945E-05 | -6.660E-05 | -5.493E-05 |
| 1 | 55.00100  | 0.03249    | 19.022     | 19.599    | -4.389     | -3.596     |
|   | (STRAIN)  | -6.660E-05 | 1.441E-04  | 1.493E-04 | -6.660E-05 | -5.947E-05 |
| 1 | 75.00000  | 0.03007    | 12.507     | 12.796    | -4.490     | -4.138     |
|   | (STRAIN)  | -5.013E-05 | 1.028E-04  | 1.054E-04 | -5.013E-05 | -4.697E-05 |
| 1 | 95.00000  | 0.02822    | 8.778      | 8.884     | -5.909     | -5.588     |
|   | (STRAIN)  | -4.709E-05 | 8.510E-05  | 8.605E-05 | -4.709E-05 | -4.420E-05 |
| 1 | 95.00100  | 0.02822    | 8.778      | 8.917     | -2.364     | -2.218     |
|   | (STRAIN)  | -4.708E-05 | 1.033E-04  | 1.052E-04 | -4.708E-05 | -4.511E-05 |
| 1 | 120.00000 | 0.02597    | 6.146      | 6.211     | -2.625     | -2.536     |
|   | (STRAIN)  | -3.912E-05 | 7.930E-05  | 8.018E-05 | -3.912E-05 | -3.791E-05 |
| 1 | 145.00000 | 0.02413    | 4.623      | 4.641     | -3.508     | -3.400     |
|   | (STRAIN)  | -3.942E-05 | 7.034E-05  | 7.059E-05 | -3.942E-05 | -3.797E-05 |
| 1 | 145.00100 | 0.02413    | 4.623      | 4.652     | -0.509     | -0.475     |
|   | (STRAIN)  | -3.942E-05 | 9.914E-05  | 9.992E-05 | -3.942E-05 | -3.850E-05 |
| 2 | 0.00000   | 0.02998    | 0.000      | 131.426   | 24.077     | 126.917    |
|   | (STRAIN)  | 1.782E-05  | -1.659E-05 | 1.964E-05 | -1.659E-05 | 1.812E-05  |
| 2 | 2.00000   | 0.03180    | 0.155      | 170.976   | -0.995     | 113.434    |
|   | (STRAIN)  | 7.345E-06  | -2.475E-05 | 3.291E-05 | -2.513E-05 | 1.349E-05  |
| 2 | 4.00000   | 0.03184    | 0.323      | 148.591   | -4.084     | 106.523    |
|   | (STRAIN)  | 7.686E-06  | -2.186E-05 | 2.818E-05 | -2.334E-05 | 1.399E-05  |
| 2 | 4.00100   | 0.03184    | 0.323      | 217.647   | -2.803     | 150.103    |
|   | (STRAIN)  | 7.686E-06  | -2.000E-05 | 2.817E-05 | -2.069E-05 | 1.320E-05  |
| 2 | 9.50000   | 0.03193    | 2.645      | 133.325   | -20.529    | 121.404    |
|   | (STRAIN)  | 7.571E-06  | -1.229E-05 | 1.667E-05 | -1.743E-05 | 1.403E-05  |
| 2 | 15.00000  | 0.03198    | 7.369      | 103.666   | -43.911    | 39.898     |
|   | (STRAIN)  | 3.198E-06  | -3.847E-06 | 1.750E-05 | -1.521E-05 | 3.363E-06  |
| 2 | 15.00100  | 0.03198    | 7.370      | 103.661   | -43.915    | 39.882     |
|   | (STRAIN)  | 3.195E-06  | -3.846E-06 | 1.750E-05 | -1.521E-05 | 3.361E-06  |
| 2 | 22.50000  | 0.03196    | 15.083     | 61.522    | -78.787    | -70.027    |
|   | (STRAIN)  | -1.540E-05 | 8.144E-06  | 1.844E-05 | -1.266E-05 | -1.072E-05 |
| 2 | 30.00000  | 0.03186    | 18.476     | 22.195    | -200.271   | -92.540    |

|   |           |            |            |           |            |            |
|---|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
|   | (STRAIN)  | -3.582E-05 | 1.898E-05  | 1.980E-05 | -2.951E-05 | -5.629E-06 |
| 2 | 30.00100  | 0.03186    | 18.476     | 31.957    | -12.160    | -7.820     |
|   | (STRAIN)  | -3.582E-05 | 4.150E-05  | 7.790E-05 | -4.121E-05 | -2.950E-05 |
| 2 | 42.50000  | 0.03129    | 15.828     | 22.532    | -16.619    | -15.852    |
|   | (STRAIN)  | -4.260E-05 | 4.969E-05  | 6.779E-05 | -3.791E-05 | -3.584E-05 |
| 2 | 55.00000  | 0.03061    | 13.237     | 14.572    | -26.737    | -20.648    |
|   | (STRAIN)  | -5.613E-05 | 5.871E-05  | 6.231E-05 | -4.922E-05 | -3.278E-05 |
| 2 | 55.00100  | 0.03061    | 13.236     | 15.938    | -3.542     | -2.996     |
|   | (STRAIN)  | -5.613E-05 | 9.719E-05  | 1.215E-04 | -5.382E-05 | -4.889E-05 |
| 2 | 75.00000  | 0.02883    | 9.988      | 11.328    | -3.965     | -3.712     |
|   | (STRAIN)  | -4.624E-05 | 8.138E-05  | 9.343E-05 | -4.421E-05 | -4.193E-05 |
| 2 | 95.00000  | 0.02731    | 7.581      | 8.097     | -5.160     | -4.832     |
|   | (STRAIN)  | -4.488E-05 | 7.265E-05  | 7.730E-05 | -4.202E-05 | -3.907E-05 |
| 2 | 95.00100  | 0.02731    | 7.581      | 8.237     | -2.197     | -2.056     |
|   | (STRAIN)  | -4.488E-05 | 8.840E-05  | 9.726E-05 | -4.361E-05 | -4.170E-05 |
| 2 | 120.00000 | 0.02533    | 5.598      | 5.908     | -2.453     | -2.400     |
|   | (STRAIN)  | -3.820E-05 | 7.187E-05  | 7.607E-05 | -3.682E-05 | -3.609E-05 |
| 2 | 145.00000 | 0.02363    | 4.353      | 4.444     | -3.268     | -3.094     |
|   | (STRAIN)  | -3.884E-05 | 6.548E-05  | 6.670E-05 | -3.740E-05 | -3.506E-05 |
| 2 | 145.00100 | 0.02363    | 4.353      | 4.493     | -0.478     | -0.453     |
|   | (STRAIN)  | -3.884E-05 | 9.261E-05  | 9.637E-05 | -3.783E-05 | -3.717E-05 |
| 3 | 0.00000   | 0.02706    | 0.000      | 88.072    | 13.362     | 78.953     |
|   | (STRAIN)  | 1.050E-05  | -1.127E-05 | 1.394E-05 | -1.127E-05 | 1.086E-05  |
| 3 | 2.00000   | 0.02749    | 0.221      | 89.671    | -0.497     | 25.813     |
|   | (STRAIN)  | -4.304E-06 | -9.987E-06 | 2.020E-05 | -1.023E-05 | -1.349E-06 |
| 3 | 4.00000   | 0.02751    | 0.261      | 78.724    | -2.185     | 26.595     |
|   | (STRAIN)  | -3.195E-06 | -8.936E-06 | 1.755E-05 | -9.762E-06 | -4.854E-08 |
| 3 | 4.00100   | 0.02751    | 0.262      | 116.315   | -1.590     | 35.079     |
|   | (STRAIN)  | -3.194E-06 | -8.181E-06 | 1.754E-05 | -8.592E-06 | -4.634E-07 |
| 3 | 9.50000   | 0.02754    | 1.410      | 71.991    | -8.718     | 39.172     |
|   | (STRAIN)  | -4.275E-07 | -5.322E-06 | 1.032E-05 | -7.567E-06 | 3.049E-06  |
| 3 | 15.00000  | 0.02757    | 3.197      | 40.191    | -14.284    | 28.308     |
|   | (STRAIN)  | 1.841E-06  | -2.273E-06 | 5.927E-06 | -6.148E-06 | 3.293E-06  |
| 3 | 15.00100  | 0.02757    | 3.197      | 40.191    | -14.284    | 28.300     |
|   | (STRAIN)  | 1.842E-06  | -2.273E-06 | 5.928E-06 | -6.148E-06 | 3.292E-06  |

---

|   |           |            |            |           |            |            |
|---|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| 3 | 22.50000  | 0.02757    | 5.668      | 34.032    | -30.834    | -14.906    |
|   | (STRAIN)  | -7.366E-06 | 1.900E-06  | 8.188E-06 | -6.191E-06 | -2.660E-06 |
| 3 | 30.00000  | 0.02754    | 6.954      | 19.573    | -90.438    | -5.381     |
|   | (STRAIN)  | -1.848E-05 | 5.735E-06  | 8.532E-06 | -1.585E-05 | 3.001E-06  |
| 3 | 30.00100  | 0.02754    | 6.954      | 17.991    | -7.151     | -4.133     |
|   | (STRAIN)  | -1.848E-05 | 1.408E-05  | 4.388E-05 | -2.400E-05 | -1.585E-05 |
| 3 | 42.50000  | 0.02731    | 7.210      | 14.207    | -9.621     | -7.787     |
|   | (STRAIN)  | -2.681E-05 | 2.171E-05  | 4.060E-05 | -2.373E-05 | -1.878E-05 |
| 3 | 55.00000  | 0.02700    | 7.034      | 9.769     | -15.601    | -7.056     |
|   | (STRAIN)  | -3.711E-05 | 2.801E-05  | 3.540E-05 | -3.310E-05 | -1.003E-05 |
| 3 | 55.00100  | 0.02700    | 7.034      | 11.021    | -2.633     | -2.028     |
|   | (STRAIN)  | -3.711E-05 | 4.847E-05  | 8.435E-05 | -3.854E-05 | -3.309E-05 |
| 3 | 75.00000  | 0.02602    | 6.205      | 8.665     | -2.966     | -2.830     |
|   | (STRAIN)  | -3.511E-05 | 4.915E-05  | 7.129E-05 | -3.339E-05 | -3.217E-05 |
| 3 | 95.00000  | 0.02504    | 5.325      | 6.526     | -3.941     | -3.201     |
|   | (STRAIN)  | -3.653E-05 | 4.936E-05  | 6.017E-05 | -3.403E-05 | -2.737E-05 |
| 3 | 95.00100  | 0.02504    | 5.325      | 6.760     | -1.814     | -1.670     |
|   | (STRAIN)  | -3.653E-05 | 6.042E-05  | 7.979E-05 | -3.595E-05 | -3.401E-05 |
| 3 | 120.00000 | 0.02360    | 4.358      | 5.119     | -2.047     | -1.952     |
|   | (STRAIN)  | -3.324E-05 | 5.491E-05  | 6.519E-05 | -3.155E-05 | -3.027E-05 |
| 3 | 145.00000 | 0.02226    | 3.635      | 3.895     | -2.729     | -2.231     |
|   | (STRAIN)  | -3.465E-05 | 5.280E-05  | 5.631E-05 | -3.311E-05 | -2.639E-05 |
| 3 | 145.00100 | 0.02226    | 3.635      | 4.014     | -0.391     | -0.382     |
|   | (STRAIN)  | -3.465E-05 | 7.544E-05  | 8.569E-05 | -3.325E-05 | -3.299E-05 |
|   |           |            |            |           |            |            |
| 4 | 0.00000   | 0.03439    | 800.000    | 325.421   | 111.631    | 318.863    |
|   | (STRAIN)  | 4.147E-05  | -2.847E-05 | 4.369E-05 | -2.847E-05 | 4.147E-05  |
| 4 | 2.00000   | 0.03638    | 719.031    | 770.488   | 489.938    | 642.329    |
|   | (STRAIN)  | 1.623E-05  | 7.618E-05  | 9.355E-05 | -1.137E-06 | 5.029E-05  |
| 4 | 4.00000   | 0.03624    | 585.889    | 721.546   | 342.101    | 507.261    |
|   | (STRAIN)  | 2.379E-05  | 6.028E-05  | 1.061E-04 | -2.200E-05 | 3.375E-05  |
| 4 | 4.00100   | 0.03624    | 585.828    | 739.253   | 370.255    | 568.559    |
|   | (STRAIN)  | 2.379E-05  | 3.756E-05  | 7.157E-05 | -1.022E-05 | 3.374E-05  |
| 4 | 9.50000   | 0.03605    | 366.532    | 466.658   | 196.675    | 237.674    |
|   | (STRAIN)  | 3.129E-06  | 3.169E-05  | 5.389E-05 | -5.959E-06 | 3.129E-06  |
| 4 | 15.00000  | 0.03588    | 237.217    | 261.093   | 40.045     | 81.755     |
|   | (STRAIN)  | -1.218E-05 | 3.152E-05  | 3.682E-05 | -1.218E-05 | -2.937E-06 |

---

|   |           |            |            |           |            |            |
|---|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| 4 | 15.00100  | 0.03588    | 237.197    | 261.064   | 40.012     | 81.730     |
|   | (STRAIN)  | -1.218E-05 | 3.152E-05  | 3.681E-05 | -1.218E-05 | -2.937E-06 |
| 4 | 22.50000  | 0.03563    | 113.612    | 114.440   | -198.989   | -136.758   |
|   | (STRAIN)  | -3.194E-05 | 3.736E-05  | 3.754E-05 | -3.194E-05 | -1.814E-05 |
| 4 | 30.00000  | 0.03529    | 51.998     | 52.036    | -501.368   | -394.088   |
|   | (STRAIN)  | -6.475E-05 | 5.791E-05  | 5.792E-05 | -6.475E-05 | -4.097E-05 |
| 4 | 30.00100  | 0.03529    | 51.996     | 52.271    | -17.064    | -8.529     |
|   | (STRAIN)  | -6.475E-05 | 1.217E-04  | 1.225E-04 | -6.475E-05 | -4.170E-05 |
| 4 | 42.50000  | 0.03397    | 30.890     | 31.209    | -24.666    | -20.819    |
|   | (STRAIN)  | -5.661E-05 | 9.340E-05  | 9.426E-05 | -5.661E-05 | -4.622E-05 |
| 4 | 55.00000  | 0.03284    | 19.953     | 20.013    | -40.232    | -36.476    |
|   | (STRAIN)  | -6.894E-05 | 9.356E-05  | 9.372E-05 | -6.894E-05 | -5.880E-05 |
| 4 | 55.00100  | 0.03284    | 19.952     | 20.097    | -4.549     | -3.549     |
|   | (STRAIN)  | -6.894E-05 | 1.516E-04  | 1.529E-04 | -6.894E-05 | -5.994E-05 |
| 4 | 75.00000  | 0.03031    | 12.966     | 13.041    | -4.588     | -4.192     |
|   | (STRAIN)  | -5.124E-05 | 1.068E-04  | 1.074E-04 | -5.124E-05 | -4.767E-05 |
| 4 | 95.00000  | 0.02840    | 9.006      | 9.033     | -6.026     | -5.757     |
|   | (STRAIN)  | -4.782E-05 | 8.747E-05  | 8.772E-05 | -4.782E-05 | -4.540E-05 |
| 4 | 95.00100  | 0.02840    | 9.006      | 9.042     | -2.401     | -2.239     |
|   | (STRAIN)  | -4.782E-05 | 1.062E-04  | 1.067E-04 | -4.782E-05 | -4.563E-05 |
| 4 | 120.00000 | 0.02610    | 6.255      | 6.272     | -2.656     | -2.570     |
|   | (STRAIN)  | -3.952E-05 | 8.078E-05  | 8.101E-05 | -3.952E-05 | -3.835E-05 |
| 4 | 145.00000 | 0.02423    | 4.680      | 4.684     | -3.550     | -3.473     |
|   | (STRAIN)  | -3.974E-05 | 7.136E-05  | 7.143E-05 | -3.974E-05 | -3.870E-05 |
| 4 | 145.00100 | 0.02423    | 4.680      | 4.687     | -0.515     | -0.481     |
|   | (STRAIN)  | -3.974E-05 | 1.005E-04  | 1.007E-04 | -3.974E-05 | -3.883E-05 |
| 5 | 0.00000   | 0.03041    | 0.000      | 137.905   | 25.382     | 133.736    |
|   | (STRAIN)  | 1.907E-05  | -1.742E-05 | 2.055E-05 | -1.742E-05 | 1.915E-05  |
| 5 | 2.00000   | 0.03212    | 0.033      | 175.434   | -1.100     | 123.903    |
|   | (STRAIN)  | 1.348E-05  | -2.608E-05 | 3.311E-05 | -2.647E-05 | 1.572E-05  |
| 5 | 4.00000   | 0.03217    | 0.337      | 152.586   | -4.013     | 115.372    |
|   | (STRAIN)  | 1.273E-05  | -2.298E-05 | 2.840E-05 | -2.445E-05 | 1.584E-05  |
| 5 | 4.00100   | 0.03217    | 0.337      | 223.312   | -2.739     | 163.151    |
|   | (STRAIN)  | 1.273E-05  | -2.103E-05 | 2.840E-05 | -2.171E-05 | 1.506E-05  |
| 5 | 9.50000   | 0.03227    | 2.681      | 137.035   | -20.589    | 128.728    |



|   |           |            |            |           |            |            |
|---|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
|   | (STRAIN)  | 9.874E-06  | -1.289E-05 | 1.689E-05 | -1.805E-05 | 1.505E-05  |
| 5 | 15.00000  | 0.03231    | 7.601      | 106.146   | -45.187    | 42.020     |
|   | (STRAIN)  | 3.566E-06  | -3.979E-06 | 1.787E-05 | -1.568E-05 | 3.651E-06  |
| 5 | 15.00100  | 0.03231    | 7.602      | 106.141   | -45.192    | 42.003     |
|   | (STRAIN)  | 3.564E-06  | -3.977E-06 | 1.787E-05 | -1.568E-05 | 3.648E-06  |
| 5 | 22.50000  | 0.03230    | 15.795     | 61.381    | -80.079    | -75.412    |
|   | (STRAIN)  | -1.327E-05 | 8.677E-06  | 1.878E-05 | -1.257E-05 | -1.154E-05 |
| 5 | 30.00000  | 0.03219    | 19.435     | 22.810    | -204.163   | -105.561   |
|   | (STRAIN)  | -3.136E-05 | 2.009E-05  | 2.084E-05 | -2.948E-05 | -7.619E-06 |
| 5 | 30.00100  | 0.03219    | 19.435     | 32.633    | -12.529    | -7.700     |
|   | (STRAIN)  | -3.136E-05 | 4.379E-05  | 7.943E-05 | -4.251E-05 | -2.947E-05 |
| 5 | 42.50000  | 0.03159    | 16.566     | 23.031    | -17.152    | -16.405    |
|   | (STRAIN)  | -3.917E-05 | 5.210E-05  | 6.955E-05 | -3.894E-05 | -3.692E-05 |
| 5 | 55.00000  | 0.03088    | 13.767     | 14.988    | -27.379    | -22.165    |
|   | (STRAIN)  | -5.225E-05 | 6.136E-05  | 6.466E-05 | -4.973E-05 | -3.566E-05 |
| 5 | 55.00100  | 0.03088    | 13.767     | 16.290    | -3.631     | -3.011     |
|   | (STRAIN)  | -5.225E-05 | 1.014E-04  | 1.241E-04 | -5.519E-05 | -4.961E-05 |
| 5 | 75.00000  | 0.02903    | 10.297     | 11.517    | -4.041     | -3.763     |
|   | (STRAIN)  | -4.415E-05 | 8.401E-05  | 9.499E-05 | -4.503E-05 | -4.253E-05 |
| 5 | 95.00000  | 0.02747    | 7.755      | 8.214     | -5.216     | -4.994     |
|   | (STRAIN)  | -4.337E-05 | 7.446E-05  | 7.858E-05 | -4.229E-05 | -4.029E-05 |
| 5 | 95.00100  | 0.02747    | 7.755      | 8.341     | -2.227     | -2.076     |
|   | (STRAIN)  | -4.337E-05 | 9.056E-05  | 9.847E-05 | -4.420E-05 | -4.216E-05 |
| 5 | 120.00000 | 0.02544    | 5.688      | 5.962     | -2.476     | -2.435     |
|   | (STRAIN)  | -3.733E-05 | 7.311E-05  | 7.681E-05 | -3.711E-05 | -3.655E-05 |
| 5 | 145.00000 | 0.02372    | 4.404      | 4.482     | -3.295     | -3.167     |
|   | (STRAIN)  | -3.810E-05 | 6.638E-05  | 6.743E-05 | -3.755E-05 | -3.582E-05 |
| 5 | 145.00100 | 0.02372    | 4.404      | 4.525     | -0.483     | -0.459     |
|   | (STRAIN)  | -3.810E-05 | 9.381E-05  | 9.709E-05 | -3.812E-05 | -3.748E-05 |
| 6 | 0.00000   | 0.02725    | 0.000      | 90.438    | 13.816     | 81.209     |
|   | (STRAIN)  | 1.108E-05  | -1.157E-05 | 1.429E-05 | -1.157E-05 | 1.118E-05  |
| 6 | 2.00000   | 0.02767    | 0.481      | 91.694    | -0.243     | 27.651     |
|   | (STRAIN)  | -2.125E-06 | -1.026E-05 | 2.053E-05 | -1.050E-05 | -1.089E-06 |
| 6 | 4.00000   | 0.02769    | 0.301      | 80.456    | -2.160     | 28.336     |
|   | (STRAIN)  | -1.274E-06 | -9.229E-06 | 1.782E-05 | -1.006E-05 | 2.332E-07  |
| 6 | 4.00100   | 0.02769    | 0.301      | 118.823   | -1.551     | 37.581     |

```

        (STRAIN) -1.273E-06 -8.450E-06 1.782E-05 -8.861E-06 -1.865E-07
6   9.50000 0.02773 1.464 73.447 -8.876 41.034
        (STRAIN) 6.359E-07 -5.484E-06 1.047E-05 -7.776E-06 3.287E-06
6  15.00000 0.02775 3.314 41.485 -14.771 28.754
        (STRAIN) 2.073E-06 -2.316E-06 6.145E-06 -6.325E-06 3.323E-06
6  15.00100 0.02775 3.314 41.485 -14.772 28.746
        (STRAIN) 2.073E-06 -2.316E-06 6.146E-06 -6.325E-06 3.322E-06
6  22.50000 0.02775 5.871 34.513 -31.784 -15.784
        (STRAIN) -6.669E-06 2.020E-06 8.368E-06 -6.327E-06 -2.781E-06
6  30.00000 0.02772 7.191 19.091 -92.792 -6.428
        (STRAIN) -1.692E-05 6.001E-06 8.639E-06 -1.616E-05 2.982E-06
6  30.00100 0.02772 7.191 18.361 -7.319 -4.217
        (STRAIN) -1.693E-05 1.464E-05 4.480E-05 -2.454E-05 -1.616E-05
6  42.50000 0.02749 7.425 14.446 -9.812 -8.046
        (STRAIN) -2.500E-05 2.244E-05 4.139E-05 -2.410E-05 -1.933E-05
6  55.00000 0.02716 7.220 9.903 -15.923 -7.410
        (STRAIN) -3.476E-05 2.889E-05 3.614E-05 -3.359E-05 -1.061E-05
6  55.00100 0.02716 7.220 11.190 -2.667 -2.055
        (STRAIN) -3.476E-05 4.989E-05 8.562E-05 -3.909E-05 -3.359E-05
6  75.00000 0.02616 6.340 8.773 -3.009 -2.866
        (STRAIN) -3.341E-05 5.030E-05 7.219E-05 -3.385E-05 -3.255E-05
6  95.00000 0.02516 5.418 6.594 -3.988 -3.271
        (STRAIN) -3.507E-05 5.032E-05 6.090E-05 -3.434E-05 -2.789E-05
6  95.00100 0.02516 5.418 6.827 -1.833 -1.686
        (STRAIN) -3.507E-05 6.157E-05 8.059E-05 -3.633E-05 -3.434E-05
6  120.00000 0.02369 4.416 5.159 -2.063 -1.979
        (STRAIN) -3.225E-05 5.571E-05 6.574E-05 -3.176E-05 -3.063E-05
6  145.00000 0.02234 3.671 3.923 -2.754 -2.275
        (STRAIN) -3.375E-05 5.343E-05 5.683E-05 -3.331E-05 -2.685E-05
6  145.00100 0.02234 3.671 4.039 -0.393 -0.387
        (STRAIN) -3.375E-05 7.631E-05 8.625E-05 -3.343E-05 -3.327E-05

7   0.00000 0.03356 0.000 243.291 60.977 239.023
        (STRAIN) 3.313E-05 -2.696E-05 3.457E-05 -2.696E-05 3.313E-05
7   2.00000 0.03560 1.283 339.871 1.283 298.511
        (STRAIN) 4.478E-05 -5.554E-05 5.874E-05 -5.554E-05 4.478E-05

```

---

|   |           |            |            |           |            |            |
|---|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| 7 | 4.00000   | 0.03570    | 16.551     | 308.280   | 16.551     | 288.446    |
|   | (STRAIN)  | 4.369E-05  | -4.808E-05 | 5.038E-05 | -4.808E-05 | 4.369E-05  |
| 7 | 4.00100   | 0.03570    | 16.563     | 444.477   | 16.563     | 414.228    |
|   | (STRAIN)  | 4.368E-05  | -4.447E-05 | 5.039E-05 | -4.447E-05 | 4.368E-05  |
| 7 | 9.50000   | 0.03587    | 92.179     | 350.389   | 92.179     | 211.727    |
|   | (STRAIN)  | 1.095E-05  | -1.555E-05 | 4.168E-05 | -1.555E-05 | 1.095E-05  |
| 7 | 15.00000  | 0.03589    | 115.425    | 150.545   | 35.707     | 115.425    |
|   | (STRAIN)  | -8.677E-06 | 8.994E-06  | 1.678E-05 | -8.677E-06 | 8.994E-06  |
| 7 | 15.00100  | 0.03589    | 115.424    | 150.508   | 35.676     | 115.424    |
|   | (STRAIN)  | -8.680E-06 | 8.997E-06  | 1.677E-05 | -8.680E-06 | 8.997E-06  |
| 7 | 22.50000  | 0.03573    | 82.457     | 82.457    | -200.091   | -117.552   |
|   | (STRAIN)  | -3.142E-05 | 3.121E-05  | 3.121E-05 | -3.142E-05 | -1.312E-05 |
| 7 | 30.00000  | 0.03541    | 50.397     | 50.397    | -494.774   | -367.030   |
|   | (STRAIN)  | -6.505E-05 | 5.580E-05  | 5.580E-05 | -6.505E-05 | -3.673E-05 |
| 7 | 30.00100  | 0.03541    | 50.395     | 50.395    | -17.253    | -6.766     |
|   | (STRAIN)  | -6.505E-05 | 1.176E-04  | 1.176E-04 | -6.505E-05 | -3.673E-05 |
| 7 | 42.50000  | 0.03411    | 31.143     | 31.143    | -25.023    | -20.774    |
|   | (STRAIN)  | -5.730E-05 | 9.434E-05  | 9.434E-05 | -5.730E-05 | -4.583E-05 |
| 7 | 55.00000  | 0.03295    | 20.267     | 20.267    | -40.825    | -37.220    |
|   | (STRAIN)  | -6.978E-05 | 9.517E-05  | 9.517E-05 | -6.978E-05 | -6.005E-05 |
| 7 | 55.00100  | 0.03295    | 20.266     | 20.266    | -4.608     | -3.526     |
|   | (STRAIN)  | -6.978E-05 | 1.541E-04  | 1.541E-04 | -6.978E-05 | -6.004E-05 |
| 7 | 75.00000  | 0.03038    | 13.143     | 13.143    | -4.641     | -4.228     |
|   | (STRAIN)  | -5.174E-05 | 1.083E-04  | 1.083E-04 | -5.174E-05 | -4.803E-05 |
| 7 | 95.00000  | 0.02845    | 9.108      | 9.108     | -6.099     | -5.848     |
|   | (STRAIN)  | -4.827E-05 | 8.860E-05  | 8.860E-05 | -4.827E-05 | -4.601E-05 |
| 7 | 95.00100  | 0.02845    | 9.108      | 9.108     | -2.431     | -2.264     |
|   | (STRAIN)  | -4.827E-05 | 1.075E-04  | 1.075E-04 | -4.827E-05 | -4.601E-05 |
| 7 | 120.00000 | 0.02612    | 6.321      | 6.321     | -2.696     | -2.611     |
|   | (STRAIN)  | -3.995E-05 | 8.178E-05  | 8.178E-05 | -3.995E-05 | -3.880E-05 |
| 7 | 145.00000 | 0.02423    | 4.729      | 4.729     | -3.605     | -3.538     |
|   | (STRAIN)  | -4.022E-05 | 7.230E-05  | 7.230E-05 | -4.022E-05 | -3.932E-05 |
| 7 | 145.00100 | 0.02423    | 4.729      | 4.729     | -0.529     | -0.496     |
|   | (STRAIN)  | -4.022E-05 | 1.018E-04  | 1.018E-04 | -4.022E-05 | -3.932E-05 |
| 8 | 0.00000   | 0.03055    | 0.000      | 139.822   | 25.687     | 135.829    |
|   | (STRAIN)  | 1.947E-05  | -1.770E-05 | 2.082E-05 | -1.770E-05 | 1.948E-05  |

---

|   |           |            |            |           |            |            |
|---|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| 8 | 2.00000   | 0.03223    | 0.087      | 176.650   | -1.026     | 127.495    |
|   | (STRAIN)  | 1.613E-05  | -2.649E-05 | 3.310E-05 | -2.687E-05 | 1.651E-05  |
| 8 | 4.00000   | 0.03228    | 0.327      | 153.675   | -3.985     | 118.400    |
|   | (STRAIN)  | 1.505E-05  | -2.335E-05 | 2.841E-05 | -2.480E-05 | 1.650E-05  |
| 8 | 4.00100   | 0.03228    | 0.327      | 224.853   | -2.718     | 167.632    |
|   | (STRAIN)  | 1.505E-05  | -2.136E-05 | 2.841E-05 | -2.204E-05 | 1.572E-05  |
| 8 | 9.50000   | 0.03238    | 2.675      | 136.059   | -20.491    | 132.949    |
|   | (STRAIN)  | 1.136E-05  | -1.308E-05 | 1.649E-05 | -1.821E-05 | 1.580E-05  |
| 8 | 15.00000  | 0.03243    | 7.623      | 106.215   | -45.371    | 42.995     |
|   | (STRAIN)  | 3.819E-06  | -4.021E-06 | 1.783E-05 | -1.577E-05 | 3.819E-06  |
| 8 | 15.00100  | 0.03243    | 7.624      | 106.209   | -45.376    | 42.978     |
|   | (STRAIN)  | 3.817E-06  | -4.020E-06 | 1.783E-05 | -1.577E-05 | 3.817E-06  |
| 8 | 22.50000  | 0.03241    | 15.964     | 60.914    | -79.653    | -77.543    |
|   | (STRAIN)  | -1.236E-05 | 8.834E-06  | 1.880E-05 | -1.236E-05 | -1.189E-05 |
| 8 | 30.00000  | 0.03230    | 19.715     | 22.977    | -204.670   | -109.989   |
|   | (STRAIN)  | -2.933E-05 | 2.041E-05  | 2.114E-05 | -2.933E-05 | -8.338E-06 |
| 8 | 30.00100  | 0.03230    | 19.715     | 32.790    | -12.649    | -7.614     |
|   | (STRAIN)  | -2.933E-05 | 4.446E-05  | 7.976E-05 | -4.292E-05 | -2.933E-05 |
| 8 | 42.50000  | 0.03169    | 16.804     | 23.180    | -17.347    | -16.565    |
|   | (STRAIN)  | -3.721E-05 | 5.288E-05  | 7.010E-05 | -3.933E-05 | -3.721E-05 |
| 8 | 55.00000  | 0.03097    | 13.947     | 15.128    | -27.568    | -22.708    |
|   | (STRAIN)  | -4.983E-05 | 6.226E-05  | 6.545E-05 | -4.983E-05 | -3.671E-05 |
| 8 | 55.00100  | 0.03097    | 13.946     | 16.406    | -3.661     | -3.013     |
|   | (STRAIN)  | -4.983E-05 | 1.028E-04  | 1.249E-04 | -5.566E-05 | -4.983E-05 |
| 8 | 75.00000  | 0.02910    | 10.403     | 11.581    | -4.067     | -3.780     |
|   | (STRAIN)  | -4.273E-05 | 8.491E-05  | 9.552E-05 | -4.531E-05 | -4.273E-05 |
| 8 | 95.00000  | 0.02752    | 7.815      | 8.253     | -5.228     | -5.056     |
|   | (STRAIN)  | -4.231E-05 | 7.507E-05  | 7.902E-05 | -4.231E-05 | -4.077E-05 |
| 8 | 95.00100  | 0.02752    | 7.815      | 8.376     | -2.237     | -2.083     |
|   | (STRAIN)  | -4.231E-05 | 9.130E-05  | 9.888E-05 | -4.440E-05 | -4.231E-05 |
| 8 | 120.00000 | 0.02548    | 5.719      | 5.980     | -2.483     | -2.447     |
|   | (STRAIN)  | -3.671E-05 | 7.353E-05  | 7.706E-05 | -3.720E-05 | -3.671E-05 |
| 8 | 145.00000 | 0.02375    | 4.421      | 4.495     | -3.302     | -3.193     |
|   | (STRAIN)  | -3.758E-05 | 6.668E-05  | 6.768E-05 | -3.758E-05 | -3.610E-05 |
| 8 | 145.00100 | 0.02375    | 4.420      | 4.536     | -0.484     | -0.461     |
|   | (STRAIN)  | -3.758E-05 | 9.422E-05  | 9.733E-05 | -3.821E-05 | -3.758E-05 |

|   |           |            |            |           |            |            |  |
|---|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|--|
| 9 | 0.00000   | 0.02731    | 0.000      | 91.247    | 13.972     | 81.983     |  |
|   | (STRAIN)  | 1.129E-05  | -1.166E-05 | 1.442E-05 | -1.166E-05 | 1.129E-05  |  |
| 9 | 2.00000   | 0.02773    | 0.588      | 92.380    | -0.138     | 28.280     |  |
|   | (STRAIN)  | -1.246E-06 | -1.035E-05 | 2.063E-05 | -1.059E-05 | -1.001E-06 |  |
| 9 | 4.00000   | 0.02775    | 0.314      | 81.041    | -2.151     | 28.939     |  |
|   | (STRAIN)  | -5.001E-07 | -9.329E-06 | 1.792E-05 | -1.016E-05 | 3.319E-07  |  |
| 9 | 4.00100   | 0.02775    | 0.315      | 119.670   | -1.537     | 38.448     |  |
|   | (STRAIN)  | -4.997E-07 | -8.542E-06 | 1.791E-05 | -8.953E-06 | -8.926E-08 |  |
| 9 | 9.50000   | 0.02779    | 1.479      | 73.940    | -8.932     | 41.678     |  |
|   | (STRAIN)  | 1.063E-06  | -5.540E-06 | 1.052E-05 | -7.848E-06 | 3.371E-06  |  |
| 9 | 15.00000  | 0.02781    | 3.354      | 41.926    | -14.937    | 28.906     |  |
|   | (STRAIN)  | 2.165E-06  | -2.331E-06 | 6.219E-06 | -6.385E-06 | 3.333E-06  |  |
| 9 | 15.00100  | 0.02781    | 3.354      | 41.926    | -14.937    | 28.898     |  |
|   | (STRAIN)  | 2.165E-06  | -2.330E-06 | 6.220E-06 | -6.385E-06 | 3.332E-06  |  |
| 9 | 22.50000  | 0.02781    | 5.931      | 34.666    | -32.103    | -16.085    |  |
|   | (STRAIN)  | -6.373E-06 | 2.058E-06  | 8.428E-06 | -6.373E-06 | -2.822E-06 |  |
| 9 | 30.00000  | 0.02778    | 7.272      | 18.934    | -93.585    | -6.812     |  |
|   | (STRAIN)  | -1.626E-05 | 6.092E-06  | 8.677E-06 | -1.626E-05 | 2.970E-06  |  |
| 9 | 30.00100  | 0.02778    | 7.273      | 18.487    | -7.377     | -4.244     |  |
|   | (STRAIN)  | -1.627E-05 | 1.483E-05  | 4.511E-05 | -2.472E-05 | -1.627E-05 |  |
| 9 | 42.50000  | 0.02755    | 7.499      | 14.527    | -9.877     | -8.134     |  |
|   | (STRAIN)  | -2.423E-05 | 2.269E-05  | 4.166E-05 | -2.423E-05 | -1.952E-05 |  |
| 9 | 55.00000  | 0.02722    | 7.284      | 9.949     | -16.031    | -7.532     |  |
|   | (STRAIN)  | -3.375E-05 | 2.920E-05  | 3.639E-05 | -3.375E-05 | -1.081E-05 |  |
| 9 | 55.00100  | 0.02722    | 7.284      | 11.247    | -2.678     | -2.064     |  |
|   | (STRAIN)  | -3.375E-05 | 5.038E-05  | 8.605E-05 | -3.928E-05 | -3.375E-05 |  |
| 9 | 75.00000  | 0.02621    | 6.386      | 8.809     | -3.024     | -2.877     |  |
|   | (STRAIN)  | -3.268E-05 | 5.069E-05  | 7.250E-05 | -3.400E-05 | -3.268E-05 |  |
| 9 | 95.00000  | 0.02519    | 5.450      | 6.617     | -4.004     | -3.295     |  |
|   | (STRAIN)  | -3.445E-05 | 5.064E-05  | 6.114E-05 | -3.445E-05 | -2.806E-05 |  |
| 9 | 95.00100  | 0.02519    | 5.450      | 6.850     | -1.840     | -1.691     |  |
|   | (STRAIN)  | -3.445E-05 | 6.196E-05  | 8.086E-05 | -3.646E-05 | -3.445E-05 |  |
| 9 | 120.00000 | 0.02373    | 4.435      | 5.172     | -2.068     | -1.989     |  |
|   | (STRAIN)  | -3.182E-05 | 5.597E-05  | 6.592E-05 | -3.182E-05 | -3.075E-05 |  |
| 9 | 145.00000 | 0.02237    | 3.684      | 3.932     | -2.762     | -2.290     |  |
|   | (STRAIN)  | -3.337E-05 | 5.365E-05  | 5.701E-05 | -3.337E-05 | -2.700E-05 |  |

9 145.00100 0.02237 3.684 4.048 -0.394 -0.389  
 (STRAIN) -3.337E-05 7.660E-05 8.644E-05 -3.348E-05 -3.337E-05

POINT VERTICAL NORMAL X NORMAL Y SHEAR XY SHEAR YZ SHEAR XZ  
 STRESS STRESS STRESS STRESS STRESS  
 NO. COORDINATE (STRAIN) (STRAIN) (STRAIN) (STRAIN) (STRAIN)

1 0.00000 2.956E+02 2.919E+02 0.000E+00 2.252E-07 0.000E+00  
 (STRAIN) 3.939E-05 3.814E-05 0.000E+00 1.520E-13 0.000E+00  
 1 2.00000 7.478E+02 7.063E+02 0.000E+00 -7.607E+00 0.000E+00  
 (STRAIN) 5.570E-05 4.170E-05 0.000E+00 -5.135E-06 0.000E+00  
 1 4.00000 6.138E+02 5.823E+02 0.000E+00 -1.446E+01 0.000E+00  
 (STRAIN) 3.539E-05 2.475E-05 0.000E+00 -9.761E-06 0.000E+00  
 1 4.00100 6.710E+02 6.230E+02 0.000E+00 -1.447E+01 0.000E+00  
 (STRAIN) 3.538E-05 2.474E-05 0.000E+00 -6.413E-06 0.000E+00  
 1 9.50000 2.653E+02 2.539E+02 0.000E+00 -3.641E+01 0.000E+00  
 (STRAIN) -1.222E-06 -3.769E-06 0.000E+00 -1.614E-05 0.000E+00  
 1 15.00000 4.603E+01 5.950E+01 0.000E+00 -4.796E+01 0.000E+00  
 (STRAIN) -1.476E-05 -1.177E-05 0.000E+00 -2.126E-05 0.000E+00  
 1 15.00100 4.600E+01 5.947E+01 0.000E+00 -4.796E+01 0.000E+00  
 (STRAIN) -1.476E-05 -1.177E-05 0.000E+00 -2.126E-05 0.000E+00  
 1 22.50000 -1.895E+02 -1.481E+02 0.000E+00 -4.311E+01 0.000E+00  
 (STRAIN) -3.128E-05 -2.210E-05 0.000E+00 -1.911E-05 0.000E+00  
 1 30.00000 -4.895E+02 -4.052E+02 0.000E+00 -1.231E+01 0.000E+00  
 (STRAIN) -6.214E-05 -4.345E-05 0.000E+00 -5.459E-06 0.000E+00  
 1 30.00100 -1.626E+01 -9.335E+00 0.000E+00 -1.231E+01 0.000E+00  
 (STRAIN) -6.213E-05 -4.345E-05 0.000E+00 -6.650E-05 0.000E+00  
 1 42.50000 -2.364E+01 -1.924E+01 0.000E+00 -8.524E+00 0.000E+00  
 (STRAIN) -5.445E-05 -4.257E-05 0.000E+00 -4.603E-05 0.000E+00  
 1 55.00000 -3.853E+01 -3.396E+01 0.000E+00 -3.614E+00 0.000E+00  
 (STRAIN) -6.660E-05 -5.427E-05 0.000E+00 -1.952E-05 0.000E+00  
 1 55.00100 -4.389E+00 -3.019E+00 0.000E+00 -3.614E+00 0.000E+00  
 (STRAIN) -6.660E-05 -5.427E-05 0.000E+00 -6.506E-05 0.000E+00  
 1 75.00000 -4.490E+00 -3.849E+00 0.000E+00 -2.193E+00 0.000E+00  
 (STRAIN) -5.013E-05 -4.437E-05 0.000E+00 -3.947E-05 0.000E+00

|   |           |            |            |            |            |            |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | 95.00000  | -5.909E+00 | -5.482E+00 | 0.000E+00  | -1.236E+00 | 0.000E+00  |
|   | (STRAIN)  | -4.709E-05 | -4.324E-05 | 0.000E+00  | -2.225E-05 | 0.000E+00  |
| 1 | 95.00100  | -2.364E+00 | -2.079E+00 | 0.000E+00  | -1.236E+00 | 0.000E+00  |
|   | (STRAIN)  | -4.708E-05 | -4.324E-05 | 0.000E+00  | -3.338E-05 | 0.000E+00  |
| 1 | 120.00000 | -2.625E+00 | -2.471E+00 | 0.000E+00  | -7.527E-01 | 0.000E+00  |
|   | (STRAIN)  | -3.912E-05 | -3.703E-05 | 0.000E+00  | -2.032E-05 | 0.000E+00  |
| 1 | 145.00000 | -3.508E+00 | -3.382E+00 | 0.000E+00  | -3.832E-01 | 0.000E+00  |
|   | (STRAIN)  | -3.942E-05 | -3.773E-05 | 0.000E+00  | -1.035E-05 | 0.000E+00  |
| 1 | 145.00100 | -5.092E-01 | -4.465E-01 | 0.000E+00  | -3.832E-01 | 0.000E+00  |
|   | (STRAIN)  | -3.942E-05 | -3.772E-05 | 0.000E+00  | -2.069E-05 | 0.000E+00  |
| 2 | 0.00000   | 1.273E+02  | 1.310E+02  | 1.283E+00  | 2.042E-07  | -4.295E-07 |
|   | (STRAIN)  | 1.826E-05  | 1.951E-05  | 8.660E-07  | 1.378E-13  | -2.899E-13 |
| 2 | 2.00000   | 1.209E+02  | 1.624E+02  | 2.075E+01  | -3.328E+00 | 1.093E+01  |
|   | (STRAIN)  | 1.600E-05  | 3.000E-05  | 1.400E-05  | -2.246E-06 | 7.381E-06  |
| 2 | 4.00000   | 1.096E+02  | 1.411E+02  | 1.701E+01  | -6.289E+00 | 2.075E+01  |
|   | (STRAIN)  | 1.502E-05  | 2.566E-05  | 1.148E-05  | -4.245E-06 | 1.401E-05  |
| 2 | 4.00100   | 1.583E+02  | 2.063E+02  | 2.590E+01  | -6.291E+00 | 2.076E+01  |
|   | (STRAIN)  | 1.502E-05  | 2.566E-05  | 1.148E-05  | -2.789E-06 | 9.202E-06  |
| 2 | 9.50000   | 1.100E+02  | 1.215E+02  | 1.140E+01  | -1.522E+01 | 5.163E+01  |
|   | (STRAIN)  | 1.151E-05  | 1.406E-05  | 5.054E-06  | -6.747E-06 | 2.289E-05  |
| 2 | 15.00000  | 5.288E+01  | 3.941E+01  | -9.368E-01 | -1.950E+01 | 6.746E+01  |
|   | (STRAIN)  | 6.240E-06  | 3.254E-06  | -4.153E-07 | -8.645E-06 | 2.991E-05  |
| 2 | 15.00100  | 5.287E+01  | 3.939E+01  | -9.389E-01 | -1.950E+01 | 6.746E+01  |
|   | (STRAIN)  | 6.239E-06  | 3.252E-06  | -4.163E-07 | -8.645E-06 | 2.991E-05  |
| 2 | 22.50000  | -3.047E+01 | -7.190E+01 | -1.708E+01 | -1.759E+01 | 6.070E+01  |
|   | (STRAIN)  | -1.953E-06 | -1.114E-05 | -7.571E-06 | -7.798E-06 | 2.691E-05  |
| 2 | 30.00000  | -1.024E+02 | -1.867E+02 | -3.645E+01 | -6.826E+00 | 1.914E+01  |
|   | (STRAIN)  | -7.813E-06 | -2.650E-05 | -1.616E-05 | -3.026E-06 | 8.486E-06  |
| 2 | 30.00100  | 2.105E-01  | -6.711E+00 | -2.992E+00 | -6.826E+00 | 1.914E+01  |
|   | (STRAIN)  | -7.815E-06 | -2.650E-05 | -1.616E-05 | -3.686E-05 | 1.034E-04  |
| 2 | 42.50000  | -1.068E+01 | -1.508E+01 | -2.504E+00 | -5.196E+00 | 1.372E+01  |
|   | (STRAIN)  | -2.189E-05 | -3.377E-05 | -1.352E-05 | -2.806E-05 | 7.409E-05  |
| 2 | 55.00000  | -2.074E+01 | -2.531E+01 | -2.920E+00 | -2.594E+00 | 6.208E+00  |
|   | (STRAIN)  | -3.303E-05 | -4.536E-05 | -1.577E-05 | -1.401E-05 | 3.352E-05  |
| 2 | 55.00100  | -1.233E+00 | -2.603E+00 | -8.762E-01 | -2.593E+00 | 6.208E+00  |
|   | (STRAIN)  | -3.303E-05 | -4.536E-05 | -1.577E-05 | -4.668E-05 | 1.117E-04  |

|   |           |            |            |            |            |           |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 2 | 75.00000  | -2.849E+00 | -3.489E+00 | -4.854E-01 | -1.754E+00 | 3.946E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.416E-05 | -3.992E-05 | -8.737E-06 | -3.156E-05 | 7.104E-05 |
| 2 | 95.00000  | -4.525E+00 | -4.952E+00 | -3.541E-01 | -1.062E+00 | 2.298E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.630E-05 | -4.015E-05 | -6.374E-06 | -1.911E-05 | 4.136E-05 |
| 2 | 95.00100  | -1.656E+00 | -1.941E+00 | -2.361E-01 | -1.062E+00 | 2.298E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.630E-05 | -4.015E-05 | -6.374E-06 | -2.866E-05 | 6.204E-05 |
| 2 | 120.00000 | -2.194E+00 | -2.348E+00 | -1.373E-01 | -6.753E-01 | 1.428E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.331E-05 | -3.540E-05 | -3.707E-06 | -1.823E-05 | 3.855E-05 |
| 2 | 145.00000 | -3.073E+00 | -3.198E+00 | -1.149E-01 | -3.556E-01 | 7.388E-01 |
|   | (STRAIN)  | -3.477E-05 | -3.647E-05 | -3.103E-06 | -9.602E-06 | 1.995E-05 |
| 2 | 145.00100 | -3.645E-01 | -4.272E-01 | -5.747E-02 | -3.556E-01 | 7.388E-01 |
|   | (STRAIN)  | -3.477E-05 | -3.647E-05 | -3.103E-06 | -1.920E-05 | 3.990E-05 |
| 3 | 0.00000   | 7.937E+01  | 8.766E+01  | 1.899E+00  | -5.728E-08 | 1.947E-07 |
|   | (STRAIN)  | 1.100E-05  | 1.380E-05  | 1.282E-06  | -3.867E-14 | 1.314E-13 |
| 3 | 2.00000   | 2.826E+01  | 8.650E+01  | 1.395E+01  | -8.751E-01 | 4.195E+00 |
|   | (STRAIN)  | -5.227E-07 | 1.913E-05  | 9.413E-06  | -5.907E-07 | 2.832E-06 |
| 3 | 4.00000   | 2.686E+01  | 7.601E+01  | 1.187E+01  | -1.624E+00 | 7.862E+00 |
|   | (STRAIN)  | 4.261E-08  | 1.663E-05  | 8.011E-06  | -1.096E-06 | 5.307E-06 |
| 3 | 4.00100   | 3.736E+01  | 1.122E+02  | 1.807E+01  | -1.624E+00 | 7.864E+00 |
|   | (STRAIN)  | 4.290E-08  | 1.663E-05  | 8.010E-06  | -7.201E-07 | 3.486E-06 |
| 3 | 9.50000   | 3.125E+01  | 6.978E+01  | 9.479E+00  | -3.963E+00 | 1.915E+01 |
|   | (STRAIN)  | 1.294E-06  | 9.834E-06  | 4.202E-06  | -1.757E-06 | 8.492E-06 |
| 3 | 15.00000  | 2.307E+01  | 2.795E+01  | 1.425E+00  | -5.171E+00 | 2.490E+01 |
|   | (STRAIN)  | 2.132E-06  | 3.213E-06  | 6.316E-07  | -2.292E-06 | 1.104E-05 |
| 3 | 15.00100  | 2.307E+01  | 2.794E+01  | 1.423E+00  | -5.171E+00 | 2.490E+01 |
|   | (STRAIN)  | 2.132E-06  | 3.212E-06  | 6.309E-07  | -2.293E-06 | 1.104E-05 |
| 3 | 22.50000  | 1.138E+01  | -2.875E+01 | -9.365E+00 | -4.963E+00 | 2.364E+01 |
|   | (STRAIN)  | 3.166E-06  | -5.730E-06 | -4.152E-06 | -2.200E-06 | 1.048E-05 |
| 3 | 30.00000  | 2.591E+00  | -8.579E+01 | -2.079E+01 | -2.671E+00 | 1.219E+01 |
|   | (STRAIN)  | 4.768E-06  | -1.482E-05 | -9.217E-06 | -1.184E-06 | 5.403E-06 |
| 3 | 30.00100  | 3.505E+00  | -3.751E+00 | -1.707E+00 | -2.671E+00 | 1.219E+01 |
|   | (STRAIN)  | 4.768E-06  | -1.482E-05 | -9.220E-06 | -1.442E-05 | 6.581E-05 |
| 3 | 42.50000  | -1.246E+00 | -9.166E+00 | -1.947E+00 | -2.217E+00 | 1.000E+01 |
|   | (STRAIN)  | -1.123E-06 | -2.251E-05 | -1.051E-05 | -1.197E-05 | 5.401E-05 |
| 3 | 55.00000  | -4.912E+00 | -1.501E+01 | -2.513E+00 | -1.381E+00 | 6.053E+00 |



|   |           |            |            |            |            |           |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
|   | (STRAIN)  | -4.240E-06 | -3.151E-05 | -1.357E-05 | -7.460E-06 | 3.268E-05 |
| 3 | 55.00100  | 1.177E+00  | -1.852E+00 | -7.537E-01 | -1.382E+00 | 6.053E+00 |
|   | (STRAIN)  | -4.243E-06 | -3.151E-05 | -1.357E-05 | -2.487E-05 | 1.089E-04 |
| 3 | 75.00000  | -6.316E-01 | -2.704E+00 | -5.349E-01 | -1.074E+00 | 4.626E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.238E-05 | -3.103E-05 | -9.628E-06 | -1.934E-05 | 8.327E-05 |
| 3 | 95.00000  | -2.112E+00 | -3.828E+00 | -4.532E-01 | -7.354E-01 | 3.114E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.757E-05 | -3.302E-05 | -8.158E-06 | -1.324E-05 | 5.606E-05 |
| 3 | 95.00100  | -4.524E-01 | -1.596E+00 | -3.022E-01 | -7.354E-01 | 3.114E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.757E-05 | -3.302E-05 | -8.158E-06 | -1.986E-05 | 8.409E-05 |
| 3 | 120.00000 | -1.244E+00 | -1.994E+00 | -2.031E-01 | -5.095E-01 | 2.132E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.071E-05 | -3.084E-05 | -5.483E-06 | -1.376E-05 | 5.755E-05 |
| 3 | 145.00000 | -2.018E+00 | -2.682E+00 | -1.818E-01 | -2.905E-01 | 1.201E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.351E-05 | -3.248E-05 | -4.910E-06 | -7.844E-06 | 3.241E-05 |
| 3 | 145.00100 | -3.045E-02 | -3.626E-01 | -9.091E-02 | -2.905E-01 | 1.201E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.351E-05 | -3.248E-05 | -4.909E-06 | -1.569E-05 | 6.483E-05 |
| 4 | 0.00000   | 3.254E+02  | 3.189E+02  | 0.000E+00  | -1.160E-07 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | 4.369E-05  | 4.147E-05  | 0.000E+00  | -7.829E-14 | 0.000E+00 |
| 4 | 2.00000   | 6.423E+02  | 5.414E+02  | 0.000E+00  | 1.086E+02  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | 5.029E-05  | 1.623E-05  | 0.000E+00  | 7.329E-05  | 0.000E+00 |
| 4 | 4.00000   | 5.073E+02  | 4.778E+02  | 0.000E+00  | 1.819E+02  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | 3.375E-05  | 2.379E-05  | 0.000E+00  | 1.228E-04  | 0.000E+00 |
| 4 | 4.00100   | 5.686E+02  | 5.237E+02  | 0.000E+00  | 1.819E+02  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | 3.374E-05  | 2.379E-05  | 0.000E+00  | 8.063E-05  | 0.000E+00 |
| 4 | 9.50000   | 2.377E+02  | 2.968E+02  | 0.000E+00  | 1.304E+02  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | 3.129E-06  | 1.624E-05  | 0.000E+00  | 5.782E-05  | 0.000E+00 |
| 4 | 15.00000  | 4.004E+01  | 1.056E+02  | 0.000E+00  | 6.092E+01  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.218E-05 | 2.356E-06  | 0.000E+00  | 2.701E-05  | 0.000E+00 |
| 4 | 15.00100  | 4.001E+01  | 1.056E+02  | 0.000E+00  | 6.091E+01  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.218E-05 | 2.353E-06  | 0.000E+00  | 2.701E-05  | 0.000E+00 |
| 4 | 22.50000  | -1.990E+02 | -1.359E+02 | 0.000E+00  | 1.440E+01  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.194E-05 | -1.796E-05 | 0.000E+00  | 6.382E-06  | 0.000E+00 |
| 4 | 30.00000  | -5.014E+02 | -3.941E+02 | 0.000E+00  | -4.080E+00 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -6.475E-05 | -4.096E-05 | 0.000E+00  | -1.809E-06 | 0.000E+00 |
| 4 | 30.00100  | -1.706E+01 | -8.254E+00 | 0.000E+00  | -4.081E+00 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -6.475E-05 | -4.096E-05 | 0.000E+00  | -2.203E-05 | 0.000E+00 |
| 4 | 42.50000  | -2.467E+01 | -2.050E+01 | 0.000E+00  | -4.064E+00 | 0.000E+00 |

|   |           |            |            |            |            |           |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
|   | (STRAIN)  | -5.661E-05 | -4.536E-05 | 0.000E+00  | -2.194E-05 | 0.000E+00 |
| 4 | 55.00000  | -4.023E+01 | -3.642E+01 | 0.000E+00  | -1.845E+00 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -6.894E-05 | -5.864E-05 | 0.000E+00  | -9.963E-06 | 0.000E+00 |
| 4 | 55.00100  | -4.549E+00 | -3.404E+00 | 0.000E+00  | -1.845E+00 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -6.894E-05 | -5.864E-05 | 0.000E+00  | -3.321E-05 | 0.000E+00 |
| 4 | 75.00000  | -4.588E+00 | -4.117E+00 | 0.000E+00  | -1.130E+00 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -5.124E-05 | -4.700E-05 | 0.000E+00  | -2.034E-05 | 0.000E+00 |
| 4 | 95.00000  | -6.026E+00 | -5.730E+00 | 0.000E+00  | -6.327E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -4.782E-05 | -4.515E-05 | 0.000E+00  | -1.139E-05 | 0.000E+00 |
| 4 | 95.00100  | -2.401E+00 | -2.204E+00 | 0.000E+00  | -6.327E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -4.782E-05 | -4.515E-05 | 0.000E+00  | -1.708E-05 | 0.000E+00 |
| 4 | 120.00000 | -2.656E+00 | -2.553E+00 | 0.000E+00  | -3.827E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.952E-05 | -3.813E-05 | 0.000E+00  | -1.033E-05 | 0.000E+00 |
| 4 | 145.00000 | -3.550E+00 | -3.468E+00 | 0.000E+00  | -1.938E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.974E-05 | -3.864E-05 | 0.000E+00  | -5.232E-06 | 0.000E+00 |
| 4 | 145.00100 | -5.151E-01 | -4.741E-01 | 0.000E+00  | -1.938E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.974E-05 | -3.864E-05 | 0.000E+00  | -1.046E-05 | 0.000E+00 |
| 5 | 0.00000   | 1.338E+02  | 1.378E+02  | 5.722E-01  | -8.964E-07 | 1.457E-06 |
|   | (STRAIN)  | 1.917E-05  | 2.053E-05  | 3.862E-07  | -6.051E-13 | 9.837E-13 |
| 5 | 2.00000   | 1.249E+02  | 1.733E+02  | 1.032E+01  | -1.665E+00 | 1.174E+01 |
|   | (STRAIN)  | 1.605E-05  | 3.240E-05  | 6.969E-06  | -1.124E-06 | 7.924E-06 |
| 5 | 4.00000   | 1.130E+02  | 1.507E+02  | 8.706E+00  | -3.095E+00 | 2.217E+01 |
|   | (STRAIN)  | 1.503E-05  | 2.775E-05  | 5.876E-06  | -2.089E-06 | 1.497E-05 |
| 5 | 4.00100   | 1.630E+02  | 2.204E+02  | 1.325E+01  | -3.096E+00 | 2.218E+01 |
|   | (STRAIN)  | 1.503E-05  | 2.775E-05  | 5.876E-06  | -1.373E-06 | 9.834E-06 |
| 5 | 9.50000   | 1.126E+02  | 1.299E+02  | 6.663E+00  | -7.300E+00 | 5.487E+01 |
|   | (STRAIN)  | 1.148E-05  | 1.530E-05  | 2.954E-06  | -3.236E-06 | 2.432E-05 |
| 5 | 15.00000  | 5.365E+01  | 4.172E+01  | 5.029E-01  | -9.201E+00 | 7.151E+01 |
|   | (STRAIN)  | 6.230E-06  | 3.585E-06  | 2.230E-07  | -4.079E-06 | 3.170E-05 |
| 5 | 15.00100  | 5.364E+01  | 4.171E+01  | 5.018E-01  | -9.201E+00 | 7.151E+01 |
|   | (STRAIN)  | 6.229E-06  | 3.583E-06  | 2.225E-07  | -4.079E-06 | 3.170E-05 |
| 5 | 22.50000  | -3.177E+01 | -7.814E+01 | -8.083E+00 | -8.231E+00 | 6.418E+01 |
|   | (STRAIN)  | -1.866E-06 | -1.214E-05 | -3.583E-06 | -3.649E-06 | 2.845E-05 |
| 5 | 30.00000  | -1.053E+02 | -2.010E+02 | -1.767E+01 | -3.448E+00 | 2.025E+01 |
|   | (STRAIN)  | -7.572E-06 | -2.878E-05 | -7.835E-06 | -1.529E-06 | 8.977E-06 |

|   |           |            |            |            |            |           |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 5 | 30.00100  | 4.111E-01  | -7.442E+00 | -1.451E+00 | -3.448E+00 | 2.025E+01 |
|   | (STRAIN)  | -7.573E-06 | -2.878E-05 | -7.835E-06 | -1.862E-05 | 1.093E-04 |
| 5 | 42.50000  | -1.089E+01 | -1.620E+01 | -1.281E+00 | -2.669E+00 | 1.450E+01 |
|   | (STRAIN)  | -2.203E-05 | -3.638E-05 | -6.916E-06 | -1.441E-05 | 7.832E-05 |
| 5 | 55.00000  | -2.133E+01 | -2.700E+01 | -1.513E+00 | -1.338E+00 | 6.487E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.339E-05 | -4.871E-05 | -8.172E-06 | -7.224E-06 | 3.503E-05 |
| 5 | 55.00100  | -1.209E+00 | -2.910E+00 | -4.540E-01 | -1.338E+00 | 6.487E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.339E-05 | -4.870E-05 | -8.172E-06 | -2.408E-05 | 1.168E-04 |
| 5 | 75.00000  | -2.878E+00 | -3.706E+00 | -2.510E-01 | -9.024E-01 | 4.082E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.457E-05 | -4.201E-05 | -4.518E-06 | -1.624E-05 | 7.348E-05 |
| 5 | 95.00000  | -4.594E+00 | -5.158E+00 | -1.819E-01 | -5.430E-01 | 2.356E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.669E-05 | -4.176E-05 | -3.275E-06 | -9.775E-06 | 4.240E-05 |
| 5 | 95.00100  | -1.671E+00 | -2.047E+00 | -1.213E-01 | -5.430E-01 | 2.356E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.669E-05 | -4.176E-05 | -3.274E-06 | -1.466E-05 | 6.360E-05 |
| 5 | 120.00000 | -2.215E+00 | -2.422E+00 | -6.997E-02 | -3.437E-01 | 1.455E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.358E-05 | -3.637E-05 | -1.889E-06 | -9.279E-06 | 3.928E-05 |
| 5 | 145.00000 | -3.107E+00 | -3.276E+00 | -5.829E-02 | -1.801E-01 | 7.487E-01 |
|   | (STRAIN)  | -3.502E-05 | -3.730E-05 | -1.574E-06 | -4.863E-06 | 2.021E-05 |
| 5 | 145.00100 | -3.679E-01 | -4.525E-01 | -2.916E-02 | -1.801E-01 | 7.486E-01 |
|   | (STRAIN)  | -3.502E-05 | -3.730E-05 | -1.575E-06 | -9.725E-06 | 4.043E-05 |
| 6 | 0.00000   | 8.132E+01  | 9.033E+01  | 9.890E-01  | 2.806E-08  | 8.088E-07 |
|   | (STRAIN)  | 1.122E-05  | 1.426E-05  | 6.676E-07  | 1.894E-14  | 5.459E-13 |
| 6 | 2.00000   | 2.775E+01  | 9.087E+01  | 7.245E+00  | -4.585E-01 | 4.412E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.057E-06 | 2.025E-05  | 4.890E-06  | -3.095E-07 | 2.978E-06 |
| 6 | 4.00000   | 2.658E+01  | 7.975E+01  | 6.149E+00  | -8.461E-01 | 8.263E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.604E-07 | 1.759E-05  | 4.150E-06  | -5.711E-07 | 5.577E-06 |
| 6 | 4.00100   | 3.680E+01  | 1.178E+02  | 9.361E+00  | -8.464E-01 | 8.266E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.601E-07 | 1.759E-05  | 4.150E-06  | -3.752E-07 | 3.664E-06 |
| 6 | 9.50000   | 3.127E+01  | 7.288E+01  | 4.901E+00  | -2.064E+00 | 2.012E+01 |
|   | (STRAIN)  | 1.122E-06  | 1.035E-05  | 2.173E-06  | -9.149E-07 | 8.921E-06 |
| 6 | 15.00000  | 2.349E+01  | 2.866E+01  | 7.242E-01  | -2.692E+00 | 2.613E+01 |
|   | (STRAIN)  | 2.157E-06  | 3.303E-06  | 3.211E-07  | -1.193E-06 | 1.159E-05 |
| 6 | 15.00100  | 2.349E+01  | 2.865E+01  | 7.234E-01  | -2.692E+00 | 2.614E+01 |
|   | (STRAIN)  | 2.157E-06  | 3.301E-06  | 3.207E-07  | -1.193E-06 | 1.159E-05 |
| 6 | 22.50000  | 1.232E+01  | -3.125E+01 | -4.869E+00 | -2.580E+00 | 2.477E+01 |
|   | (STRAIN)  | 3.449E-06  | -6.208E-06 | -2.159E-06 | -1.144E-06 | 1.098E-05 |

|   |           |            |            |            |            |           |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 6 | 30.00000  | 4.271E+00  | -9.159E+01 | -1.080E+01 | -1.380E+00 | 1.266E+01 |
|   | (STRAIN)  | 5.354E-06  | -1.590E-05 | -4.787E-06 | -6.117E-07 | 5.610E-06 |
| 6 | 30.00100  | 3.752E+00  | -4.118E+00 | -8.867E-01 | -1.380E+00 | 1.266E+01 |
|   | (STRAIN)  | 5.353E-06  | -1.590E-05 | -4.788E-06 | -7.452E-06 | 6.834E-05 |
| 6 | 42.50000  | -1.142E+00 | -9.695E+00 | -1.006E+00 | -1.143E+00 | 1.036E+01 |
|   | (STRAIN)  | -6.958E-07 | -2.379E-05 | -5.432E-06 | -6.173E-06 | 5.594E-05 |
| 6 | 55.00000  | -4.879E+00 | -1.577E+01 | -1.297E+00 | -7.085E-01 | 6.225E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.773E-06 | -3.318E-05 | -7.001E-06 | -3.826E-06 | 3.361E-05 |
| 6 | 55.00100  | 1.258E+00  | -2.010E+00 | -3.890E-01 | -7.086E-01 | 6.225E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.774E-06 | -3.318E-05 | -7.001E-06 | -1.275E-05 | 1.120E-04 |
| 6 | 75.00000  | -6.088E-01 | -2.833E+00 | -2.744E-01 | -5.491E-01 | 4.737E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.224E-05 | -3.226E-05 | -4.939E-06 | -9.883E-06 | 8.527E-05 |
| 6 | 95.00000  | -2.124E+00 | -3.960E+00 | -2.314E-01 | -3.744E-01 | 3.174E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.756E-05 | -3.408E-05 | -4.166E-06 | -6.739E-06 | 5.713E-05 |
| 6 | 95.00100  | -4.435E-01 | -1.667E+00 | -1.543E-01 | -3.744E-01 | 3.174E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.756E-05 | -3.408E-05 | -4.166E-06 | -1.011E-05 | 8.570E-05 |
| 6 | 120.00000 | -1.250E+00 | -2.049E+00 | -1.031E-01 | -2.586E-01 | 2.165E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.078E-05 | -3.158E-05 | -2.784E-06 | -6.981E-06 | 5.844E-05 |
| 6 | 145.00000 | -2.036E+00 | -2.742E+00 | -9.209E-02 | -1.469E-01 | 1.214E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.361E-05 | -3.315E-05 | -2.486E-06 | -3.966E-06 | 3.279E-05 |
| 6 | 145.00100 | -2.948E-02 | -3.827E-01 | -4.604E-02 | -1.469E-01 | 1.214E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.361E-05 | -3.315E-05 | -2.486E-06 | -7.932E-06 | 6.557E-05 |
| 7 | 0.00000   | 2.433E+02  | 2.390E+02  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | 3.457E-05  | 3.313E-05  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 2.00000   | 3.399E+02  | 2.985E+02  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | 5.874E-05  | 4.478E-05  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 4.00000   | 2.884E+02  | 3.083E+02  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | 4.369E-05  | 5.038E-05  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 4.00100   | 4.142E+02  | 4.445E+02  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | 4.368E-05  | 5.039E-05  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 9.50000   | 2.117E+02  | 3.504E+02  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | 1.095E-05  | 4.168E-05  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 15.00000  | 3.571E+01  | 1.505E+02  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -8.677E-06 | 1.678E-05  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 15.00100  | 3.568E+01  | 1.505E+02  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |

|   |           |            |            |            |            |           |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
|   | (STRAIN)  | -8.680E-06 | 1.677E-05  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 22.50000  | -2.001E+02 | -1.176E+02 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.142E-05 | -1.312E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 30.00000  | -4.948E+02 | -3.670E+02 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -6.505E-05 | -3.673E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 30.00100  | -1.725E+01 | -6.766E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -6.505E-05 | -3.673E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 42.50000  | -2.502E+01 | -2.077E+01 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -5.730E-05 | -4.583E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 55.00000  | -4.082E+01 | -3.722E+01 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -6.978E-05 | -6.005E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 55.00100  | -4.608E+00 | -3.526E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -6.978E-05 | -6.004E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 75.00000  | -4.641E+00 | -4.228E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -5.174E-05 | -4.803E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 95.00000  | -6.099E+00 | -5.848E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -4.827E-05 | -4.601E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 95.00100  | -2.431E+00 | -2.264E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -4.827E-05 | -4.601E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 120.00000 | -2.696E+00 | -2.611E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.995E-05 | -3.880E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 145.00000 | -3.605E+00 | -3.538E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -4.022E-05 | -3.932E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 145.00100 | -5.294E-01 | -4.958E-01 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -4.022E-05 | -3.932E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 8 | 0.00000   | 1.358E+02  | 1.398E+02  | 2.536E-09  | 4.972E-15  | 5.039E-07 |
|   | (STRAIN)  | 1.947E-05  | 2.082E-05  | 1.712E-15  | 3.356E-21  | 3.401E-13 |
| 8 | 2.00000   | 1.264E+02  | 1.767E+02  | 3.061E-07  | -8.146E-08 | 1.191E+01 |
|   | (STRAIN)  | 1.613E-05  | 3.310E-05  | 2.066E-13  | -5.499E-14 | 8.038E-06 |
| 8 | 4.00000   | 1.141E+02  | 1.537E+02  | -4.646E-07 | -2.266E-07 | 2.256E+01 |
|   | (STRAIN)  | 1.505E-05  | 2.841E-05  | -3.136E-13 | -1.529E-13 | 1.523E-05 |
| 8 | 4.00100   | 1.646E+02  | 2.249E+02  | -9.247E-08 | 6.057E-08  | 2.257E+01 |
|   | (STRAIN)  | 1.505E-05  | 2.841E-05  | -4.099E-14 | 2.685E-14  | 1.001E-05 |
| 8 | 9.50000   | 1.129E+02  | 1.329E+02  | -2.228E-07 | -3.580E-07 | 5.559E+01 |
|   | (STRAIN)  | 1.136E-05  | 1.580E-05  | -9.875E-14 | -1.587E-13 | 2.464E-05 |
| 8 | 15.00000  | 5.322E+01  | 4.299E+01  | 1.042E-07  | 2.872E-07  | 7.228E+01 |

```

      (STRAIN) 6.086E-06 3.819E-06 4.618E-14 1.273E-13 3.205E-05
8  15.00100 5.321E+01 4.298E+01 5.631E-08 2.093E-07 7.228E+01
      (STRAIN) 6.085E-06 3.817E-06 2.496E-14 9.277E-14 3.205E-05
8  22.50000 -3.259E+01 -7.965E+01 3.830E-07 -7.241E-07 6.483E+01
      (STRAIN) -1.929E-06 -1.236E-05 1.698E-13 -3.210E-13 2.874E-05
8  30.00000 -1.067E+02 -2.047E+02 1.008E-06 -1.685E-07 2.057E+01
      (STRAIN) -7.615E-06 -2.933E-05 4.470E-13 -7.471E-14 9.120E-06
8  30.00100 4.267E-01 -7.614E+00 4.076E-08 -2.078E-07 2.057E+01
      (STRAIN) -7.617E-06 -2.933E-05 2.201E-13 -1.122E-12 1.111E-04
8  42.50000 -1.097E+01 -1.656E+01 3.455E-08 -1.772E-08 1.476E+01
      (STRAIN) -2.211E-05 -3.721E-05 1.866E-13 -9.570E-14 7.969E-05
8  55.00000 -2.153E+01 -2.757E+01 1.136E-07 2.796E-08 6.581E+00
      (STRAIN) -3.352E-05 -4.983E-05 6.134E-13 1.510E-13 3.554E-05
8  55.00100 -1.201E+00 -3.013E+00 5.465E-09 5.073E-08 6.581E+00
      (STRAIN) -3.352E-05 -4.983E-05 9.838E-14 9.132E-13 1.185E-04
8  75.00000 -2.888E+00 -3.780E+00 -2.686E-09 2.054E-08 4.129E+00
      (STRAIN) -3.471E-05 -4.273E-05 -4.836E-14 3.697E-13 7.432E-05
8  95.00000 -4.618E+00 -5.228E+00 -1.377E-09 2.371E-08 2.376E+00
      (STRAIN) -3.682E-05 -4.231E-05 -2.478E-14 4.267E-13 4.276E-05
8  95.00100 -1.676E+00 -2.083E+00 -5.884E-09 2.911E-08 2.375E+00
      (STRAIN) -3.682E-05 -4.231E-05 -1.589E-13 7.861E-13 6.414E-05
8  120.00000 -2.222E+00 -2.447E+00 -7.344E-10 -4.762E-09 1.464E+00
      (STRAIN) -3.368E-05 -3.671E-05 -1.983E-14 -1.286E-13 3.952E-05
8  145.00000 -3.118E+00 -3.302E+00 1.933E-12 2.115E-09 7.520E-01
      (STRAIN) -3.510E-05 -3.758E-05 5.220E-17 5.712E-14 2.030E-05
8  145.00100 -3.691E-01 -4.610E-01 -3.715E-10 -1.165E-09 7.520E-01
      (STRAIN) -3.510E-05 -3.758E-05 -2.006E-14 -6.289E-14 4.061E-05

9  0.00000 8.198E+01 9.125E+01 -4.434E-08 5.485E-15 -2.427E-06
      (STRAIN) 1.129E-05 1.442E-05 -2.993E-14 3.702E-21 -1.638E-12
9  2.00000 2.755E+01 9.238E+01 -7.222E-08 2.475E-09 4.484E+00
      (STRAIN) -1.246E-06 2.063E-05 -4.875E-14 1.670E-15 3.027E-06
9  4.00000 2.647E+01 8.104E+01 -1.940E-07 -4.421E-08 8.400E+00
      (STRAIN) -5.001E-07 1.792E-05 -1.309E-13 -2.984E-14 5.670E-06
9  4.00100 3.660E+01 1.197E+02 2.565E-07 -3.829E-08 8.403E+00
      (STRAIN) -4.997E-07 1.791E-05 1.137E-13 -1.698E-14 3.725E-06

```

---

|   |           |            |            |            |            |           |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 9 | 9.50000   | 3.127E+01  | 7.394E+01  | 8.564E-08  | 2.318E-08  | 2.046E+01 |
|   | (STRAIN)  | 1.063E-06  | 1.052E-05  | 3.797E-14  | 1.028E-14  | 9.069E-06 |
| 9 | 15.00000  | 2.364E+01  | 2.891E+01  | 9.949E-09  | 1.320E-08  | 2.656E+01 |
|   | (STRAIN)  | 2.165E-06  | 3.333E-06  | 4.411E-15  | 5.853E-15  | 1.178E-05 |
| 9 | 15.00100  | 2.363E+01  | 2.890E+01  | 2.740E-08  | 4.572E-08  | 2.656E+01 |
|   | (STRAIN)  | 2.165E-06  | 3.332E-06  | 1.215E-14  | 2.027E-14  | 1.178E-05 |
| 9 | 22.50000  | 1.265E+01  | -3.210E+01 | 8.601E-08  | -1.164E-07 | 2.515E+01 |
|   | (STRAIN)  | 3.548E-06  | -6.373E-06 | 3.813E-14  | -5.162E-14 | 1.115E-05 |
| 9 | 30.00000  | 4.849E+00  | -9.359E+01 | 1.783E-07  | 3.892E-08  | 1.282E+01 |
|   | (STRAIN)  | 5.555E-06  | -1.626E-05 | 7.904E-14  | 1.725E-14  | 5.682E-06 |
| 9 | 30.00100  | 3.836E+00  | -4.244E+00 | -4.680E-08 | 9.814E-09  | 1.282E+01 |
|   | (STRAIN)  | 5.552E-06  | -1.627E-05 | -2.527E-13 | 5.299E-14  | 6.921E-05 |
| 9 | 42.50000  | -1.107E+00 | -9.877E+00 | -4.096E-08 | 5.809E-08  | 1.048E+01 |
|   | (STRAIN)  | -5.487E-07 | -2.423E-05 | -2.212E-13 | 3.137E-13  | 5.660E-05 |
| 9 | 55.00000  | -4.867E+00 | -1.603E+01 | 4.282E-08  | -2.123E-08 | 6.284E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.610E-06 | -3.375E-05 | 2.313E-13  | -1.146E-13 | 3.393E-05 |
| 9 | 55.00100  | 1.285E+00  | -2.064E+00 | -1.172E-09 | 2.371E-08  | 6.283E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.614E-06 | -3.375E-05 | -2.110E-14 | 4.268E-13  | 1.131E-04 |
| 9 | 75.00000  | -6.009E-01 | -2.877E+00 | 8.047E-09  | 1.314E-08  | 4.775E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.219E-05 | -3.268E-05 | 1.448E-13  | 2.366E-13  | 8.595E-05 |
| 9 | 95.00000  | -2.128E+00 | -4.004E+00 | 7.536E-09  | -4.342E-09 | 3.194E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.756E-05 | -3.445E-05 | 1.356E-13  | -7.816E-14 | 5.750E-05 |
| 9 | 95.00100  | -4.404E-01 | -1.691E+00 | 4.440E-09  | -8.232E-10 | 3.194E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.756E-05 | -3.445E-05 | 1.199E-13  | -2.223E-14 | 8.625E-05 |
| 9 | 120.00000 | -1.252E+00 | -2.068E+00 | -2.237E-09 | -1.204E-08 | 2.176E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.080E-05 | -3.182E-05 | -6.040E-14 | -3.252E-13 | 5.874E-05 |
| 9 | 145.00000 | -2.042E+00 | -2.762E+00 | -6.627E-10 | 7.090E-09  | 1.219E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.364E-05 | -3.337E-05 | -1.789E-14 | 1.914E-13  | 3.291E-05 |
| 9 | 145.00100 | -2.914E-02 | -3.895E-01 | 6.549E-10  | -3.368E-09 | 1.219E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.364E-05 | -3.337E-05 | 3.537E-14  | -1.819E-13 | 6.582E-05 |

| POINT | VERTICAL   | VERTICAL    | VERTICAL  | MAJOR     | MINOR      | INTERMEDIATE |
|-------|------------|-------------|-----------|-----------|------------|--------------|
|       | DISPL.     | PRINCIPAL   | PRINCIPAL | PRINCIPAL |            |              |
| NO.   | COORDINATE | (HORIZONTAL | STRESS    | STRESS    | STRESS     | STRESS       |
|       | P. STRAIN) | (STRAIN)    | (STRAIN)  | (STRAIN)  | (STRAIN)   |              |
| 1     | 12.66700   | 0.03567     | 437.178   | 443.521   | 125.171    | 127.566      |
|       | (STRAIN)   | -1.002E-05  | 5.861E-05 | 6.002E-05 | -1.055E-05 | -1.002E-05   |
| 1     | 17.00000   | 0.03544     | 281.766   | 290.175   | -17.624    | -5.132       |
|       | (STRAIN)   | -1.861E-05  | 4.775E-05 | 4.961E-05 | -1.861E-05 | -1.585E-05   |
| 1     | 21.33300   | 0.03524     | 167.132   | 174.305   | -151.826   | -122.234     |
|       | (STRAIN)   | -2.817E-05  | 4.253E-05 | 4.412E-05 | -2.817E-05 | -2.161E-05   |
| 1     | 38.33300   | 0.03395     | 35.212    | 37.063    | -20.449    | -17.326      |
|       | (STRAIN)   | -5.471E-05  | 9.557E-05 | 1.006E-04 | -5.471E-05 | -4.628E-05   |
| 1     | 46.66700   | 0.03321     | 24.919    | 25.932    | -27.609    | -24.511      |
|       | (STRAIN)   | -5.621E-05  | 8.561E-05 | 8.835E-05 | -5.621E-05 | -4.785E-05   |
| 1     | 65.00000   | 0.03118     | 15.300    | 15.713    | -4.256     | -3.758       |
|       | (STRAIN)   | -5.627E-05  | 1.197E-04 | 1.235E-04 | -5.627E-05 | -5.179E-05   |
| 1     | 85.00000   | 0.02910     | 10.373    | 10.563    | -5.035     | -4.736       |
|       | (STRAIN)   | -4.716E-05  | 9.151E-05 | 9.322E-05 | -4.716E-05 | -4.447E-05   |
| 1     | 105.00000  | 0.02725     | 7.565     | 7.669     | -2.398     | -2.287       |
|       | (STRAIN)   | -4.282E-05  | 9.168E-05 | 9.309E-05 | -4.282E-05 | -4.131E-05   |
| 1     | 111.66700  | 0.02666     | 6.882     | 6.967     | -2.474     | -2.376       |
|       | (STRAIN)   | -4.081E-05  | 8.549E-05 | 8.665E-05 | -4.081E-05 | -3.948E-05   |
| 1     | 115.00000  | 0.02638     | 6.573     | 6.650     | -2.527     | -2.433       |
|       | (STRAIN)   | -4.002E-05  | 8.282E-05 | 8.386E-05 | -4.002E-05 | -3.876E-05   |
| 1     | 125.00000  | 0.02559     | 5.762     | 5.817     | -2.748     | -2.660       |



|   |           |          |            |            |           |            |            |
|---|-----------|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
|   |           | (STRAIN) | -3.853E-05 | 7.636E-05  | 7.709E-05 | -3.853E-05 | -3.734E-05 |
| 1 | 128.33300 | 0.02533  | 5.529      | 5.576      | -2.843    | -2.755     |            |
|   |           | (STRAIN) | -3.831E-05 | 7.471E-05  | 7.536E-05 | -3.831E-05 | -3.712E-05 |
| 1 | 135.00000 | 0.02485  | 5.114      | 5.149      | -3.069    | -2.977     |            |
|   |           | (STRAIN) | -3.829E-05 | 7.218E-05  | 7.265E-05 | -3.829E-05 | -3.705E-05 |
| 1 | 154.16700 | 0.02326  | 4.270      | 4.294      | -0.449    | -0.422     |            |
|   |           | (STRAIN) | -3.610E-05 | 9.132E-05  | 9.198E-05 | -3.610E-05 | -3.534E-05 |
| 1 | 163.33300 | 0.02246  | 3.959      | 3.979      | -0.399    | -0.376     |            |
|   |           | (STRAIN) | -3.321E-05 | 8.446E-05  | 8.501E-05 | -3.321E-05 | -3.258E-05 |
| 1 | 172.50000 | 0.02171  | 3.683      | 3.700      | -0.356    | -0.337     |            |
|   |           | (STRAIN) | -3.067E-05 | 7.838E-05  | 7.886E-05 | -3.067E-05 | -3.014E-05 |
| 1 | 181.66700 | 0.02102  | 3.436      | 3.452      | -0.320    | -0.303     |            |
|   |           | (STRAIN) | -2.843E-05 | 7.298E-05  | 7.339E-05 | -2.843E-05 | -2.798E-05 |
| 1 | 190.83300 | 0.02037  | 3.216      | 3.229      | -0.288    | -0.274     |            |
|   |           | (STRAIN) | -2.644E-05 | 6.816E-05  | 6.851E-05 | -2.644E-05 | -2.606E-05 |
| 1 | 200.00000 | 0.01977  | 3.017      | 3.028      | -0.260    | -0.248     |            |
|   |           | (STRAIN) | -2.467E-05 | 6.382E-05  | 6.413E-05 | -2.467E-05 | -2.434E-05 |
| 2 | 12.66700  | 0.03196  | 5.101      | 114.900    | -33.979   | 76.219     |            |
|   |           | (STRAIN) | 6.329E-06  | -7.512E-06 | 1.683E-05 | -1.617E-05 | 8.253E-06  |
| 2 | 17.00000  | 0.03198  | 9.469      | 93.344     | -52.013   | 8.656      |            |
|   |           | (STRAIN) | -1.520E-06 | -6.503E-07 | 1.794E-05 | -1.428E-05 | -8.306E-07 |
| 2 | 21.33300  | 0.03197  | 13.988     | 68.592     | -67.831   | -58.946    |            |
|   |           | (STRAIN) | -1.240E-05 | 6.301E-06  | 1.840E-05 | -1.184E-05 | -9.866E-06 |
| 2 | 38.33300  | 0.03149  | 16.779     | 25.628     | -14.972   | -13.176    |            |
|   |           | (STRAIN) | -3.982E-05 | 4.707E-05  | 7.096E-05 | -3.866E-05 | -3.381E-05 |
| 2 | 46.66700  | 0.03107  | 14.894     | 19.585     | -19.499   | -17.549    |            |
|   |           | (STRAIN) | -4.612E-05 | 5.244E-05  | 6.510E-05 | -4.042E-05 | -3.516E-05 |
| 2 | 65.00000  | 0.02968  | 11.527     | 13.441     | -3.693    | -3.284     |            |
|   |           | (STRAIN) | -5.010E-05 | 8.866E-05  | 1.059E-04 | -4.832E-05 | -4.464E-05 |
| 2 | 85.00000  | 0.02805  | 8.665      | 9.555      | -4.406    | -4.259     |            |
|   |           | (STRAIN) | -4.447E-05 | 7.591E-05  | 8.392E-05 | -4.173E-05 | -4.041E-05 |
| 2 | 105.00000 | 0.02646  | 6.693      | 7.187      | -2.248    | -2.148     |            |
|   |           | (STRAIN) | -4.131E-05 | 8.058E-05  | 8.726E-05 | -4.012E-05 | -3.877E-05 |
| 2 | 111.66700 | 0.02594  | 6.173      | 6.579      | -2.319    | -2.244     |            |
|   |           | (STRAIN) | -3.961E-05 | 7.627E-05  | 8.176E-05 | -3.836E-05 | -3.735E-05 |
| 2 | 115.00000 | 0.02569  | 5.933      | 6.299      | -2.366    | -2.302     |            |

|   |           |            |            |           |            |            |
|---|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
|   | (STRAIN)  | -3.895E-05 | 7.438E-05  | 7.933E-05 | -3.765E-05 | -3.679E-05 |
| 2 | 125.00000 | 0.02497    | 5.291      | 5.551     | -2.565     | -2.508     |
|   | (STRAIN)  | -3.774E-05 | 6.976E-05  | 7.327E-05 | -3.631E-05 | -3.553E-05 |
| 2 | 128.33300 | 0.02474    | 5.103      | 5.331     | -2.654     | -2.586     |
|   | (STRAIN)  | -3.758E-05 | 6.858E-05  | 7.165E-05 | -3.615E-05 | -3.523E-05 |
| 2 | 135.00000 | 0.02429    | 4.764      | 4.933     | -2.866     | -2.763     |
|   | (STRAIN)  | -3.766E-05 | 6.676E-05  | 6.903E-05 | -3.625E-05 | -3.486E-05 |
| 2 | 154.16700 | 0.02281    | 4.049      | 4.167     | -0.428     | -0.407     |
|   | (STRAIN)  | -3.571E-05 | 8.601E-05  | 8.918E-05 | -3.488E-05 | -3.431E-05 |
| 2 | 163.33300 | 0.02205    | 3.778      | 3.877     | -0.385     | -0.367     |
|   | (STRAIN)  | -3.297E-05 | 8.013E-05  | 8.281E-05 | -3.228E-05 | -3.179E-05 |
| 2 | 172.50000 | 0.02134    | 3.533      | 3.618     | -0.349     | -0.334     |
|   | (STRAIN)  | -3.056E-05 | 7.485E-05  | 7.714E-05 | -2.998E-05 | -2.956E-05 |
| 2 | 181.66700 | 0.02068    | 3.313      | 3.386     | -0.318     | -0.304     |
|   | (STRAIN)  | -2.843E-05 | 7.010E-05  | 7.208E-05 | -2.793E-05 | -2.756E-05 |
| 2 | 190.83300 | 0.02006    | 3.113      | 3.177     | -0.291     | -0.279     |
|   | (STRAIN)  | -2.653E-05 | 6.581E-05  | 6.752E-05 | -2.610E-05 | -2.578E-05 |
| 2 | 200.00000 | 0.01947    | 2.932      | 2.987     | -0.267     | -0.257     |
|   | (STRAIN)  | -2.483E-05 | 6.192E-05  | 6.341E-05 | -2.446E-05 | -2.418E-05 |
| 3 | 12.66700  | 0.02756    | 2.397      | 46.817    | -12.346    | 40.264     |
|   | (STRAIN)  | 9.175E-07  | -3.579E-06 | 6.267E-06 | -6.847E-06 | 4.815E-06  |
| 3 | 17.00000  | 0.02757    | 3.879      | 39.422    | -15.363    | 12.531     |
|   | (STRAIN)  | 6.000E-07  | -1.153E-06 | 6.726E-06 | -5.418E-06 | 7.653E-07  |
| 3 | 21.33300  | 0.02757    | 5.328      | 35.559    | -21.629    | -15.428    |
|   | (STRAIN)  | -5.670E-06 | 1.263E-06  | 7.965E-06 | -4.712E-06 | -3.338E-06 |
| 3 | 38.33300  | 0.02740    | 7.168      | 15.573    | -7.800     | -7.677     |
|   | (STRAIN)  | -2.389E-05 | 1.929E-05  | 4.198E-05 | -2.113E-05 | -2.080E-05 |
| 3 | 46.66700  | 0.02722    | 7.207      | 12.763    | -11.542    | -7.696     |
|   | (STRAIN)  | -2.995E-05 | 2.399E-05  | 3.899E-05 | -2.663E-05 | -1.625E-05 |
| 3 | 65.00000  | 0.02651    | 6.642      | 9.824     | -2.810     | -2.402     |
|   | (STRAIN)  | -3.577E-05 | 4.902E-05  | 7.765E-05 | -3.605E-05 | -3.238E-05 |
| 3 | 85.00000  | 0.02553    | 5.757      | 7.561     | -3.341     | -3.092     |
|   | (STRAIN)  | -3.530E-05 | 4.918E-05  | 6.542E-05 | -3.270E-05 | -3.046E-05 |
| 3 | 105.00000 | 0.02445    | 4.917      | 6.053     | -1.857     | -1.788     |
|   | (STRAIN)  | -3.470E-05 | 5.794E-05  | 7.329E-05 | -3.350E-05 | -3.256E-05 |

|   |           |            |           |           |            |            |
|---|-----------|------------|-----------|-----------|------------|------------|
| 3 | 111.66700 | 0.02406    | 4.659     | 5.620     | -1.904     | -1.881     |
|   | (STRAIN)  | -3.386E-05 | 5.647E-05 | 6.945E-05 | -3.212E-05 | -3.182E-05 |
| 3 | 115.00000 | 0.02388    | 4.536     | 5.414     | -1.952     | -1.912     |
|   | (STRAIN)  | -3.355E-05 | 5.581E-05 | 6.767E-05 | -3.178E-05 | -3.124E-05 |
| 3 | 125.00000 | 0.02333    | 4.191     | 4.840     | -2.155     | -1.995     |
|   | (STRAIN)  | -3.312E-05 | 5.416E-05 | 6.293E-05 | -3.150E-05 | -2.936E-05 |
| 3 | 128.33300 | 0.02315    | 4.085     | 4.663     | -2.234     | -2.027     |
|   | (STRAIN)  | -3.314E-05 | 5.374E-05 | 6.155E-05 | -3.156E-05 | -2.878E-05 |
| 3 | 135.00000 | 0.02279    | 3.889     | 4.332     | -2.411     | -2.099     |
|   | (STRAIN)  | -3.345E-05 | 5.312E-05 | 5.910E-05 | -3.193E-05 | -2.771E-05 |
| 3 | 154.16700 | 0.02159    | 3.433     | 3.759     | -0.357     | -0.348     |
|   | (STRAIN)  | -3.218E-05 | 7.131E-05 | 8.011E-05 | -3.101E-05 | -3.078E-05 |
| 3 | 163.33300 | 0.02095    | 3.245     | 3.527     | -0.326     | -0.319     |
|   | (STRAIN)  | -2.998E-05 | 6.745E-05 | 7.506E-05 | -2.899E-05 | -2.878E-05 |
| 3 | 172.50000 | 0.02035    | 3.071     | 3.316     | -0.300     | -0.293     |
|   | (STRAIN)  | -2.801E-05 | 6.386E-05 | 7.047E-05 | -2.717E-05 | -2.697E-05 |
| 3 | 181.66700 | 0.01978    | 2.910     | 3.124     | -0.277     | -0.270     |
|   | (STRAIN)  | -2.623E-05 | 6.052E-05 | 6.630E-05 | -2.551E-05 | -2.533E-05 |
| 3 | 190.83300 | 0.01924    | 2.760     | 2.947     | -0.256     | -0.250     |
|   | (STRAIN)  | -2.463E-05 | 5.742E-05 | 6.249E-05 | -2.401E-05 | -2.384E-05 |
| 3 | 200.00000 | 0.01873    | 2.620     | 2.786     | -0.238     | -0.232     |
|   | (STRAIN)  | -2.317E-05 | 5.454E-05 | 5.901E-05 | -2.264E-05 | -2.248E-05 |
| 4 | 12.66700  | 0.03596    | 286.909   | 336.558   | 117.461    | 134.454    |
|   | (STRAIN)  | -6.329E-06 | 3.123E-05 | 4.224E-05 | -6.329E-06 | -2.562E-06 |
| 4 | 17.00000  | 0.03582    | 199.150   | 210.177   | -23.106    | 29.379     |
|   | (STRAIN)  | -1.703E-05 | 3.224E-05 | 3.468E-05 | -1.703E-05 | -5.392E-06 |
| 4 | 21.33300  | 0.03567    | 129.381   | 130.880   | -160.202   | -99.847    |
|   | (STRAIN)  | -2.841E-05 | 3.578E-05 | 3.612E-05 | -2.841E-05 | -1.503E-05 |
| 4 | 38.33300  | 0.03437    | 36.670    | 37.042    | -21.372    | -16.605    |
|   | (STRAIN)  | -5.705E-05 | 9.966E-05 | 1.007E-04 | -5.705E-05 | -4.418E-05 |
| 4 | 46.66700  | 0.03359    | 26.173    | 26.407    | -28.790    | -25.402    |
|   | (STRAIN)  | -5.828E-05 | 9.012E-05 | 9.075E-05 | -5.828E-05 | -4.914E-05 |
| 4 | 65.00000  | 0.03146    | 15.960    | 16.066    | -4.372     | -3.772     |
|   | (STRAIN)  | -5.783E-05 | 1.252E-04 | 1.261E-04 | -5.783E-05 | -5.243E-05 |
| 4 | 85.00000  | 0.02930    | 10.693    | 10.742    | -5.134     | -4.837     |
|   | (STRAIN)  | -4.801E-05 | 9.444E-05 | 9.488E-05 | -4.801E-05 | -4.533E-05 |

---

|   |           |            |            |           |            |            |
|---|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| 4 | 105.00000 | 0.02740    | 7.734      | 7.761     | -2.430     | -2.310     |
|   | (STRAIN)  | -4.338E-05 | 9.384E-05  | 9.420E-05 | -4.338E-05 | -4.176E-05 |
| 4 | 111.66700 | 0.02680    | 7.020      | 7.042     | -2.504     | -2.402     |
|   | (STRAIN)  | -4.128E-05 | 8.730E-05  | 8.760E-05 | -4.128E-05 | -3.991E-05 |
| 4 | 115.00000 | 0.02651    | 6.698      | 6.718     | -2.557     | -2.462     |
|   | (STRAIN)  | -4.046E-05 | 8.448E-05  | 8.475E-05 | -4.046E-05 | -3.919E-05 |
| 4 | 125.00000 | 0.02570    | 5.857      | 5.871     | -2.779     | -2.699     |
|   | (STRAIN)  | -3.889E-05 | 7.769E-05  | 7.788E-05 | -3.889E-05 | -3.781E-05 |
| 4 | 128.33300 | 0.02545    | 5.615      | 5.627     | -2.875     | -2.798     |
|   | (STRAIN)  | -3.866E-05 | 7.596E-05  | 7.613E-05 | -3.866E-05 | -3.761E-05 |
| 4 | 135.00000 | 0.02495    | 5.186      | 5.195     | -3.104     | -3.030     |
|   | (STRAIN)  | -3.862E-05 | 7.330E-05  | 7.342E-05 | -3.862E-05 | -3.762E-05 |
| 4 | 154.16700 | 0.02335    | 4.318      | 4.324     | -0.454     | -0.426     |
|   | (STRAIN)  | -3.637E-05 | 9.248E-05  | 9.264E-05 | -3.637E-05 | -3.562E-05 |
| 4 | 163.33300 | 0.02253    | 3.999      | 4.005     | -0.403     | -0.380     |
|   | (STRAIN)  | -3.343E-05 | 8.543E-05  | 8.557E-05 | -3.343E-05 | -3.281E-05 |
| 4 | 172.50000 | 0.02178    | 3.717      | 3.722     | -0.360     | -0.340     |
|   | (STRAIN)  | -3.087E-05 | 7.922E-05  | 7.934E-05 | -3.087E-05 | -3.034E-05 |
| 4 | 181.66700 | 0.02108    | 3.466      | 3.470     | -0.322     | -0.306     |
|   | (STRAIN)  | -2.860E-05 | 7.370E-05  | 7.380E-05 | -2.860E-05 | -2.815E-05 |
| 4 | 190.83300 | 0.02042    | 3.242      | 3.245     | -0.290     | -0.276     |
|   | (STRAIN)  | -2.659E-05 | 6.878E-05  | 6.887E-05 | -2.659E-05 | -2.621E-05 |
| 4 | 200.00000 | 0.01981    | 3.040      | 3.042     | -0.262     | -0.250     |
|   | (STRAIN)  | -2.480E-05 | 6.436E-05  | 6.444E-05 | -2.480E-05 | -2.446E-05 |
| 5 | 12.66700  | 0.03230    | 5.254      | 118.670   | -34.571    | 79.601     |
|   | (STRAIN)  | 7.182E-06  | -7.839E-06 | 1.730E-05 | -1.667E-05 | 8.641E-06  |
| 5 | 17.00000  | 0.03232    | 9.838      | 94.794    | -53.980    | 9.761      |
|   | (STRAIN)  | -7.180E-07 | -6.009E-07 | 1.823E-05 | -1.475E-05 | -6.179E-07 |
| 5 | 21.33300  | 0.03230    | 14.626     | 68.635    | -71.788    | -60.303    |
|   | (STRAIN)  | -1.056E-05 | 6.732E-06  | 1.870E-05 | -1.242E-05 | -9.877E-06 |
| 5 | 38.33300  | 0.03180    | 17.594     | 26.184    | -15.562    | -13.373    |
|   | (STRAIN)  | -3.618E-05 | 4.943E-05  | 7.262E-05 | -4.009E-05 | -3.418E-05 |
| 5 | 46.66700  | 0.03136    | 15.556     | 20.036    | -19.871    | -18.588    |
|   | (STRAIN)  | -4.274E-05 | 5.490E-05  | 6.699E-05 | -4.076E-05 | -3.729E-05 |
| 5 | 65.00000  | 0.02991    | 11.937     | 13.700    | -3.770     | -3.316     |

|   |           |            |            |           |            |            |
|---|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
|   | (STRAIN)  | -4.731E-05 | 9.200E-05  | 1.079E-04 | -4.936E-05 | -4.528E-05 |
| 5 | 85.00000  | 0.02823    | 8.896      | 9.697     | -4.464     | -4.363     |
|   | (STRAIN)  | -4.279E-05 | 7.803E-05  | 8.524E-05 | -4.221E-05 | -4.130E-05 |
| 5 | 105.00000 | 0.02660    | 6.827      | 7.266     | -2.276     | -2.170     |
|   | (STRAIN)  | -4.012E-05 | 8.229E-05  | 8.822E-05 | -4.059E-05 | -3.916E-05 |
| 5 | 111.66700 | 0.02607    | 6.285      | 6.644     | -2.346     | -2.269     |
|   | (STRAIN)  | -3.859E-05 | 7.774E-05  | 8.259E-05 | -3.877E-05 | -3.773E-05 |
| 5 | 115.00000 | 0.02581    | 6.036      | 6.359     | -2.392     | -2.330     |
|   | (STRAIN)  | -3.799E-05 | 7.575E-05  | 8.012E-05 | -3.802E-05 | -3.718E-05 |
| 5 | 125.00000 | 0.02508    | 5.371      | 5.599     | -2.583     | -2.553     |
|   | (STRAIN)  | -3.692E-05 | 7.089E-05  | 7.397E-05 | -3.649E-05 | -3.609E-05 |
| 5 | 128.33300 | 0.02485    | 5.176      | 5.376     | -2.671     | -2.637     |
|   | (STRAIN)  | -3.680E-05 | 6.964E-05  | 7.234E-05 | -3.630E-05 | -3.584E-05 |
| 5 | 135.00000 | 0.02439    | 4.827      | 4.974     | -2.886     | -2.821     |
|   | (STRAIN)  | -3.692E-05 | 6.772E-05  | 6.971E-05 | -3.639E-05 | -3.552E-05 |
| 5 | 154.16700 | 0.02289    | 4.092      | 4.194     | -0.432     | -0.412     |
|   | (STRAIN)  | -3.509E-05 | 8.703E-05  | 8.978E-05 | -3.511E-05 | -3.457E-05 |
| 5 | 163.33300 | 0.02212    | 3.814      | 3.900     | -0.389     | -0.371     |
|   | (STRAIN)  | -3.245E-05 | 8.100E-05  | 8.333E-05 | -3.248E-05 | -3.201E-05 |
| 5 | 172.50000 | 0.02141    | 3.565      | 3.638     | -0.352     | -0.337     |
|   | (STRAIN)  | -3.012E-05 | 7.560E-05  | 7.759E-05 | -3.015E-05 | -2.974E-05 |
| 5 | 181.66700 | 0.02074    | 3.340      | 3.403     | -0.320     | -0.307     |
|   | (STRAIN)  | -2.805E-05 | 7.075E-05  | 7.246E-05 | -2.808E-05 | -2.772E-05 |
| 5 | 190.83300 | 0.02011    | 3.137      | 3.192     | -0.293     | -0.281     |
|   | (STRAIN)  | -2.620E-05 | 6.637E-05  | 6.785E-05 | -2.623E-05 | -2.592E-05 |
| 5 | 200.00000 | 0.01952    | 2.953      | 3.000     | -0.269     | -0.259     |
|   | (STRAIN)  | -2.454E-05 | 6.241E-05  | 6.370E-05 | -2.457E-05 | -2.429E-05 |
| 6 | 12.66700  | 0.02774    | 2.485      | 47.665    | -12.690    | 41.824     |
|   | (STRAIN)  | 1.499E-06  | -3.673E-06 | 6.342E-06 | -7.037E-06 | 5.047E-06  |
| 6 | 17.00000  | 0.02775    | 4.039      | 40.496    | -15.943    | 12.601     |
|   | (STRAIN)  | 7.021E-07  | -1.148E-06 | 6.933E-06 | -5.577E-06 | 7.497E-07  |
| 6 | 21.33300  | 0.02775    | 5.515      | 36.180    | -22.360    | -16.264    |
|   | (STRAIN)  | -5.100E-06 | 1.357E-06  | 8.154E-06 | -4.822E-06 | -3.471E-06 |
| 6 | 38.33300  | 0.02758    | 7.391      | 15.855    | -7.970     | -7.890     |
|   | (STRAIN)  | -2.219E-05 | 1.996E-05  | 4.281E-05 | -2.152E-05 | -2.130E-05 |
| 6 | 46.66700  | 0.02739    | 7.412      | 12.961    | -11.774    | -7.982     |

|   |           |            |            |           |            |            |
|---|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
|   | (STRAIN)  | -2.800E-05 | 2.477E-05  | 3.975E-05 | -2.703E-05 | -1.679E-05 |
| 6 | 65.00000  | 0.02666    | 6.803      | 9.960     | -2.848     | -2.431     |
|   | (STRAIN)  | -3.380E-05 | 5.030E-05  | 7.872E-05 | -3.655E-05 | -3.280E-05 |
| 6 | 85.00000  | 0.02566    | 5.870      | 7.647     | -3.379     | -3.149     |
|   | (STRAIN)  | -3.378E-05 | 5.022E-05  | 6.621E-05 | -3.302E-05 | -3.095E-05 |
| 6 | 105.00000 | 0.02455    | 4.994      | 6.108     | -1.877     | -1.805     |
|   | (STRAIN)  | -3.348E-05 | 5.893E-05  | 7.396E-05 | -3.383E-05 | -3.285E-05 |
| 6 | 111.66700 | 0.02417    | 4.727      | 5.667     | -1.920     | -1.904     |
|   | (STRAIN)  | -3.275E-05 | 5.736E-05  | 7.005E-05 | -3.237E-05 | -3.216E-05 |
| 6 | 115.00000 | 0.02398    | 4.599      | 5.458     | -1.967     | -1.939     |
|   | (STRAIN)  | -3.250E-05 | 5.666E-05  | 6.825E-05 | -3.198E-05 | -3.161E-05 |
| 6 | 125.00000 | 0.02342    | 4.243      | 4.876     | -2.172     | -2.025     |
|   | (STRAIN)  | -3.218E-05 | 5.490E-05  | 6.345E-05 | -3.170E-05 | -2.971E-05 |
| 6 | 128.33300 | 0.02324    | 4.134      | 4.698     | -2.252     | -2.058     |
|   | (STRAIN)  | -3.222E-05 | 5.446E-05  | 6.206E-05 | -3.176E-05 | -2.914E-05 |
| 6 | 135.00000 | 0.02288    | 3.932      | 4.363     | -2.432     | -2.135     |
|   | (STRAIN)  | -3.256E-05 | 5.379E-05  | 5.961E-05 | -3.212E-05 | -2.810E-05 |
| 6 | 154.16700 | 0.02166    | 3.465      | 3.781     | -0.359     | -0.353     |
|   | (STRAIN)  | -3.142E-05 | 7.206E-05  | 8.060E-05 | -3.117E-05 | -3.101E-05 |
| 6 | 163.33300 | 0.02102    | 3.273      | 3.546     | -0.329     | -0.322     |
|   | (STRAIN)  | -2.932E-05 | 6.811E-05  | 7.548E-05 | -2.914E-05 | -2.897E-05 |
| 6 | 172.50000 | 0.02041    | 3.096      | 3.333     | -0.302     | -0.296     |
|   | (STRAIN)  | -2.743E-05 | 6.445E-05  | 7.084E-05 | -2.730E-05 | -2.713E-05 |
| 6 | 181.66700 | 0.01984    | 2.932      | 3.138     | -0.279     | -0.272     |
|   | (STRAIN)  | -2.573E-05 | 6.104E-05  | 6.662E-05 | -2.563E-05 | -2.547E-05 |
| 6 | 190.83300 | 0.01929    | 2.779      | 2.960     | -0.258     | -0.252     |
|   | (STRAIN)  | -2.419E-05 | 5.788E-05  | 6.278E-05 | -2.412E-05 | -2.396E-05 |
| 6 | 200.00000 | 0.01877    | 2.638      | 2.797     | -0.239     | -0.234     |
|   | (STRAIN)  | -2.278E-05 | 5.494E-05  | 5.926E-05 | -2.273E-05 | -2.258E-05 |
| 7 | 12.66700  | 0.03590    | 113.217    | 237.315   | 108.301    | 113.217    |
|   | (STRAIN)  | -1.229E-06 | -1.394E-07 | 2.737E-05 | -1.229E-06 | -1.394E-07 |
| 7 | 17.00000  | 0.03586    | 110.755    | 110.755   | -25.612    | 77.047     |
|   | (STRAIN)  | -1.460E-05 | 1.563E-05  | 1.563E-05 | -1.460E-05 | 8.158E-06  |
| 7 | 21.33300  | 0.03577    | 89.245     | 89.245    | -161.508   | -77.099    |
|   | (STRAIN)  | -2.759E-05 | 2.800E-05  | 2.800E-05 | -2.759E-05 | -8.875E-06 |

|   |           |            |            |           |            |            |
|---|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| 7 | 38.33300  | 0.03451    | 36.708     | 36.708    | -21.678    | -16.179    |
|   | (STRAIN)  | -5.773E-05 | 9.992E-05  | 9.992E-05 | -5.773E-05 | -4.288E-05 |
| 7 | 46.66700  | 0.03372    | 26.497     | 26.497    | -29.208    | -25.667    |
|   | (STRAIN)  | -5.900E-05 | 9.141E-05  | 9.141E-05 | -5.900E-05 | -4.944E-05 |
| 7 | 65.00000  | 0.03155    | 16.199     | 16.199    | -4.424     | -3.785     |
|   | (STRAIN)  | -5.846E-05 | 1.272E-04  | 1.272E-04 | -5.846E-05 | -5.271E-05 |
| 7 | 85.00000  | 0.02937    | 10.825     | 10.825    | -5.194     | -4.897     |
|   | (STRAIN)  | -4.846E-05 | 9.571E-05  | 9.571E-05 | -4.846E-05 | -4.579E-05 |
| 7 | 105.00000 | 0.02744    | 7.818      | 7.818     | -2.464     | -2.341     |
|   | (STRAIN)  | -4.381E-05 | 9.499E-05  | 9.499E-05 | -4.381E-05 | -4.215E-05 |
| 7 | 111.66700 | 0.02683    | 7.095      | 7.095     | -2.541     | -2.438     |
|   | (STRAIN)  | -4.171E-05 | 8.837E-05  | 8.837E-05 | -4.171E-05 | -4.032E-05 |
| 7 | 115.00000 | 0.02654    | 6.769      | 6.769     | -2.595     | -2.500     |
|   | (STRAIN)  | -4.089E-05 | 8.552E-05  | 8.552E-05 | -4.089E-05 | -3.961E-05 |
| 7 | 125.00000 | 0.02572    | 5.918      | 5.918     | -2.822     | -2.745     |
|   | (STRAIN)  | -3.933E-05 | 7.866E-05  | 7.866E-05 | -3.933E-05 | -3.828E-05 |
| 7 | 128.33300 | 0.02546    | 5.673      | 5.673     | -2.920     | -2.847     |
|   | (STRAIN)  | -3.910E-05 | 7.692E-05  | 7.692E-05 | -3.910E-05 | -3.810E-05 |
| 7 | 135.00000 | 0.02496    | 5.240      | 5.240     | -3.153     | -3.085     |
|   | (STRAIN)  | -3.908E-05 | 7.424E-05  | 7.424E-05 | -3.908E-05 | -3.815E-05 |
| 7 | 154.16700 | 0.02333    | 4.364      | 4.364     | -0.470     | -0.442     |
|   | (STRAIN)  | -3.686E-05 | 9.368E-05  | 9.368E-05 | -3.686E-05 | -3.611E-05 |
| 7 | 163.33300 | 0.02251    | 4.044      | 4.044     | -0.420     | -0.397     |
|   | (STRAIN)  | -3.393E-05 | 8.660E-05  | 8.660E-05 | -3.393E-05 | -3.331E-05 |
| 7 | 172.50000 | 0.02174    | 3.760      | 3.760     | -0.379     | -0.359     |
|   | (STRAIN)  | -3.138E-05 | 8.036E-05  | 8.036E-05 | -3.138E-05 | -3.085E-05 |
| 7 | 181.66700 | 0.02103    | 3.507      | 3.507     | -0.343     | -0.326     |
|   | (STRAIN)  | -2.912E-05 | 7.482E-05  | 7.482E-05 | -2.912E-05 | -2.867E-05 |
| 7 | 190.83300 | 0.02037    | 3.280      | 3.280     | -0.312     | -0.298     |
|   | (STRAIN)  | -2.712E-05 | 6.988E-05  | 6.988E-05 | -2.712E-05 | -2.674E-05 |
| 7 | 200.00000 | 0.01975    | 3.077      | 3.077     | -0.286     | -0.273     |
|   | (STRAIN)  | -2.533E-05 | 6.544E-05  | 6.544E-05 | -2.533E-05 | -2.500E-05 |
| 8 | 12.66700  | 0.03241    | 5.256      | 119.116   | -34.575    | 81.042     |
|   | (STRAIN)  | 8.468E-06  | -7.942E-06 | 1.730E-05 | -1.677E-05 | 8.857E-06  |
| 8 | 17.00000  | 0.03243    | 9.851      | 94.654    | -54.476    | 10.399     |
|   | (STRAIN)  | -4.766E-07 | -5.983E-07 | 1.820E-05 | -1.486E-05 | -4.766E-07 |

---

|   |           |            |           |           |            |            |
|---|-----------|------------|-----------|-----------|------------|------------|
| 8 | 21.33300  | 0.03242    | 14.755    | 68.160    | -72.884    | -60.460    |
|   | (STRAIN)  | -9.817E-06 | 6.856E-06 | 1.869E-05 | -1.257E-05 | -9.817E-06 |
| 8 | 38.33300  | 0.03190    | 17.849    | 26.340    | -15.762    | -13.418    |
|   | (STRAIN)  | -3.424E-05 | 5.018E-05 | 7.311E-05 | -4.057E-05 | -3.424E-05 |
| 8 | 46.66700  | 0.03146    | 15.771    | 20.177    | -19.938    | -18.991    |
|   | (STRAIN)  | -4.071E-05 | 5.571E-05 | 6.760E-05 | -4.071E-05 | -3.815E-05 |
| 8 | 65.00000  | 0.02999    | 12.076    | 13.787    | -3.796     | -3.326     |
|   | (STRAIN)  | -4.548E-05 | 9.314E-05 | 1.085E-04 | -4.972E-05 | -4.548E-05 |
| 8 | 85.00000  | 0.02829    | 8.974     | 9.746     | -4.480     | -4.401     |
|   | (STRAIN)  | -4.163E-05 | 7.875E-05 | 8.569E-05 | -4.234E-05 | -4.163E-05 |
| 8 | 105.00000 | 0.02665    | 6.872     | 7.292     | -2.285     | -2.177     |
|   | (STRAIN)  | -3.929E-05 | 8.287E-05 | 8.854E-05 | -4.076E-05 | -3.929E-05 |
| 8 | 111.66700 | 0.02611    | 6.323     | 6.666     | -2.354     | -2.277     |
|   | (STRAIN)  | -3.786E-05 | 7.824E-05 | 8.287E-05 | -3.891E-05 | -3.786E-05 |
| 8 | 115.00000 | 0.02586    | 6.071     | 6.380     | -2.400     | -2.339     |
|   | (STRAIN)  | -3.732E-05 | 7.621E-05 | 8.038E-05 | -3.814E-05 | -3.732E-05 |
| 8 | 125.00000 | 0.02512    | 5.398     | 5.616     | -2.584     | -2.574     |
|   | (STRAIN)  | -3.635E-05 | 7.127E-05 | 7.421E-05 | -3.649E-05 | -3.635E-05 |
| 8 | 128.33300 | 0.02488    | 5.201     | 5.392     | -2.669     | -2.662     |
|   | (STRAIN)  | -3.625E-05 | 7.000E-05 | 7.257E-05 | -3.625E-05 | -3.614E-05 |
| 8 | 135.00000 | 0.02442    | 4.848     | 4.988     | -2.890     | -2.843     |
|   | (STRAIN)  | -3.640E-05 | 6.805E-05 | 6.994E-05 | -3.640E-05 | -3.578E-05 |
| 8 | 154.16700 | 0.02292    | 4.106     | 4.203     | -0.433     | -0.413     |
|   | (STRAIN)  | -3.465E-05 | 8.738E-05 | 8.999E-05 | -3.519E-05 | -3.465E-05 |
| 8 | 163.33300 | 0.02215    | 3.826     | 3.908     | -0.390     | -0.373     |
|   | (STRAIN)  | -3.208E-05 | 8.129E-05 | 8.350E-05 | -3.255E-05 | -3.208E-05 |
| 8 | 172.50000 | 0.02143    | 3.575     | 3.645     | -0.353     | -0.338     |
|   | (STRAIN)  | -2.980E-05 | 7.585E-05 | 7.773E-05 | -3.021E-05 | -2.980E-05 |
| 8 | 181.66700 | 0.02076    | 3.349     | 3.409     | -0.321     | -0.308     |
|   | (STRAIN)  | -2.777E-05 | 7.097E-05 | 7.258E-05 | -2.813E-05 | -2.777E-05 |
| 8 | 190.83300 | 0.02013    | 3.145     | 3.197     | -0.293     | -0.282     |
|   | (STRAIN)  | -2.596E-05 | 6.656E-05 | 6.796E-05 | -2.627E-05 | -2.596E-05 |
| 8 | 200.00000 | 0.01953    | 2.960     | 3.005     | -0.270     | -0.259     |
|   | (STRAIN)  | -2.433E-05 | 6.258E-05 | 6.380E-05 | -2.461E-05 | -2.433E-05 |
| 9 | 12.66700  | 0.02780    | 2.511     | 47.949    | -12.809    | 42.364     |



|   |           |            |            |           |            |            |
|---|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
|   | (STRAIN)  | 1.732E-06  | -3.706E-06 | 6.366E-06 | -7.102E-06 | 5.128E-06  |
| 9 | 17.00000  | 0.02782    | 4.090      | 40.868    | -16.150    | 12.625     |
|   | (STRAIN)  | 7.448E-07  | -1.147E-06 | 7.005E-06 | -5.634E-06 | 7.448E-07  |
| 9 | 21.33300  | 0.02781    | 5.570      | 36.376    | -22.605    | -16.546    |
|   | (STRAIN)  | -4.858E-06 | 1.387E-06  | 8.216E-06 | -4.858E-06 | -3.515E-06 |
| 9 | 38.33300  | 0.02764    | 7.467      | 15.951    | -8.031     | -7.959     |
|   | (STRAIN)  | -2.146E-05 | 2.019E-05  | 4.309E-05 | -2.166E-05 | -2.146E-05 |
| 9 | 46.66700  | 0.02745    | 7.482      | 13.028    | -11.853    | -8.081     |
|   | (STRAIN)  | -2.717E-05 | 2.504E-05  | 4.001E-05 | -2.717E-05 | -1.699E-05 |
| 9 | 65.00000  | 0.02671    | 6.857      | 10.006    | -2.861     | -2.441     |
|   | (STRAIN)  | -3.295E-05 | 5.074E-05  | 7.908E-05 | -3.672E-05 | -3.295E-05 |
| 9 | 85.00000  | 0.02570    | 5.908      | 7.675     | -3.392     | -3.169     |
|   | (STRAIN)  | -3.313E-05 | 5.057E-05  | 6.648E-05 | -3.313E-05 | -3.112E-05 |
| 9 | 105.00000 | 0.02459    | 5.020      | 6.126     | -1.884     | -1.810     |
|   | (STRAIN)  | -3.295E-05 | 5.926E-05  | 7.419E-05 | -3.394E-05 | -3.295E-05 |
| 9 | 111.66700 | 0.02420    | 4.750      | 5.683     | -1.925     | -1.912     |
|   | (STRAIN)  | -3.228E-05 | 5.767E-05  | 7.026E-05 | -3.244E-05 | -3.228E-05 |
| 9 | 115.00000 | 0.02401    | 4.621      | 5.473     | -1.971     | -1.948     |
|   | (STRAIN)  | -3.204E-05 | 5.695E-05  | 6.845E-05 | -3.204E-05 | -3.174E-05 |
| 9 | 125.00000 | 0.02345    | 4.261      | 4.889     | -2.178     | -2.035     |
|   | (STRAIN)  | -3.177E-05 | 5.515E-05  | 6.363E-05 | -3.177E-05 | -2.984E-05 |
| 9 | 128.33300 | 0.02327    | 4.151      | 4.709     | -2.259     | -2.069     |
|   | (STRAIN)  | -3.183E-05 | 5.470E-05  | 6.224E-05 | -3.183E-05 | -2.927E-05 |
| 9 | 135.00000 | 0.02290    | 3.946      | 4.373     | -2.439     | -2.147     |
|   | (STRAIN)  | -3.218E-05 | 5.402E-05  | 5.978E-05 | -3.218E-05 | -2.824E-05 |
| 9 | 154.16700 | 0.02168    | 3.476      | 3.788     | -0.359     | -0.354     |
|   | (STRAIN)  | -3.109E-05 | 7.232E-05  | 8.076E-05 | -3.122E-05 | -3.109E-05 |
| 9 | 163.33300 | 0.02104    | 3.283      | 3.553     | -0.329     | -0.324     |
|   | (STRAIN)  | -2.904E-05 | 6.834E-05  | 7.562E-05 | -2.919E-05 | -2.904E-05 |
| 9 | 172.50000 | 0.02043    | 3.104      | 3.338     | -0.303     | -0.297     |
|   | (STRAIN)  | -2.719E-05 | 6.464E-05  | 7.097E-05 | -2.734E-05 | -2.719E-05 |
| 9 | 181.66700 | 0.01985    | 2.939      | 3.143     | -0.279     | -0.273     |
|   | (STRAIN)  | -2.551E-05 | 6.121E-05  | 6.673E-05 | -2.567E-05 | -2.551E-05 |
| 9 | 190.83300 | 0.01931    | 2.786      | 2.965     | -0.258     | -0.253     |
|   | (STRAIN)  | -2.400E-05 | 5.803E-05  | 6.287E-05 | -2.415E-05 | -2.400E-05 |
| 9 | 200.00000 | 0.01879    | 2.643      | 2.801     | -0.240     | -0.234     |
|   | (STRAIN)  | -2.261E-05 | 5.508E-05  | 5.934E-05 | -2.277E-05 | -2.261E-05 |

| POINT | VERTICAL   | NORMAL X   | NORMAL Y   | SHEAR XY  | SHEAR YZ   | SHEAR XZ  |
|-------|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|
|       | STRESS     | STRESS     | STRESS     | STRESS    | STRESS     |           |
| NO.   | COORDINATE | (STRAIN)   | (STRAIN)   | (STRAIN)  | (STRAIN)   | (STRAIN)  |
| 1     | 12.66700   | 1.276E+02  | 1.315E+02  | 0.000E+00 | -4.449E+01 | 0.000E+00 |
|       | (STRAIN)   | -1.002E-05 | -9.142E-06 | 0.000E+00 | -1.972E-05 | 0.000E+00 |
| 1     | 17.00000   | -1.762E+01 | 3.278E+00  | 0.000E+00 | -4.912E+01 | 0.000E+00 |
|       | (STRAIN)   | -1.861E-05 | -1.398E-05 | 0.000E+00 | -2.178E-05 | 0.000E+00 |
| 1     | 21.33300   | -1.518E+02 | -1.151E+02 | 0.000E+00 | -4.556E+01 | 0.000E+00 |
|       | (STRAIN)   | -2.817E-05 | -2.002E-05 | 0.000E+00 | -2.020E-05 | 0.000E+00 |
| 1     | 38.33300   | -2.045E+01 | -1.548E+01 | 0.000E+00 | -9.862E+00 | 0.000E+00 |
|       | (STRAIN)   | -5.471E-05 | -4.128E-05 | 0.000E+00 | -5.325E-05 | 0.000E+00 |
| 1     | 46.66700   | -2.761E+01 | -2.350E+01 | 0.000E+00 | -7.076E+00 | 0.000E+00 |
|       | (STRAIN)   | -5.621E-05 | -4.511E-05 | 0.000E+00 | -3.821E-05 | 0.000E+00 |
| 1     | 65.00000   | -4.256E+00 | -3.345E+00 | 0.000E+00 | -2.806E+00 | 0.000E+00 |
|       | (STRAIN)   | -5.627E-05 | -4.807E-05 | 0.000E+00 | -5.051E-05 | 0.000E+00 |
| 1     | 85.00000   | -5.035E+00 | -4.546E+00 | 0.000E+00 | -1.693E+00 | 0.000E+00 |
|       | (STRAIN)   | -4.716E-05 | -4.276E-05 | 0.000E+00 | -3.048E-05 | 0.000E+00 |
| 1     | 105.00000  | -2.398E+00 | -2.182E+00 | 0.000E+00 | -1.014E+00 | 0.000E+00 |
|       | (STRAIN)   | -4.282E-05 | -3.990E-05 | 0.000E+00 | -2.738E-05 | 0.000E+00 |
| 1     | 111.66700  | -2.474E+00 | -2.290E+00 | 0.000E+00 | -8.900E-01 | 0.000E+00 |
|       | (STRAIN)   | -4.081E-05 | -3.833E-05 | 0.000E+00 | -2.403E-05 | 0.000E+00 |
| 1     | 115.00000  | -2.527E+00 | -2.356E+00 | 0.000E+00 | -8.331E-01 | 0.000E+00 |
|       | (STRAIN)   | -4.002E-05 | -3.772E-05 | 0.000E+00 | -2.249E-05 | 0.000E+00 |
| 1     | 125.00000  | -2.748E+00 | -2.606E+00 | 0.000E+00 | -6.766E-01 | 0.000E+00 |
|       | (STRAIN)   | -3.853E-05 | -3.661E-05 | 0.000E+00 | -1.827E-05 | 0.000E+00 |
| 1     | 128.33300  | -2.843E+00 | -2.708E+00 | 0.000E+00 | -6.275E-01 | 0.000E+00 |
|       | (STRAIN)   | -3.831E-05 | -3.648E-05 | 0.000E+00 | -1.694E-05 | 0.000E+00 |
| 1     | 135.00000  | -3.069E+00 | -2.942E+00 | 0.000E+00 | -5.310E-01 | 0.000E+00 |
|       | (STRAIN)   | -3.829E-05 | -3.658E-05 | 0.000E+00 | -1.434E-05 | 0.000E+00 |
| 1     | 154.16700  | -4.494E-01 | -3.973E-01 | 0.000E+00 | -3.369E-01 | 0.000E+00 |
|       | (STRAIN)   | -3.610E-05 | -3.469E-05 | 0.000E+00 | -1.819E-05 | 0.000E+00 |
| 1     | 163.33300  | -3.991E-01 | -3.554E-01 | 0.000E+00 | -2.981E-01 | 0.000E+00 |
|       | (STRAIN)   | -3.321E-05 | -3.202E-05 | 0.000E+00 | -1.610E-05 | 0.000E+00 |

|   |           |            |            |            |            |           |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 1 | 172.50000 | -3.563E-01 | -3.192E-01 | 0.000E+00  | -2.654E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.067E-05 | -2.967E-05 | 0.000E+00  | -1.433E-05 | 0.000E+00 |
| 1 | 181.66700 | -3.196E-01 | -2.880E-01 | 0.000E+00  | -2.375E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.843E-05 | -2.758E-05 | 0.000E+00  | -1.283E-05 | 0.000E+00 |
| 1 | 190.83300 | -2.879E-01 | -2.607E-01 | 0.000E+00  | -2.137E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.644E-05 | -2.571E-05 | 0.000E+00  | -1.154E-05 | 0.000E+00 |
| 1 | 200.00000 | -2.604E-01 | -2.368E-01 | 0.000E+00  | -1.931E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.467E-05 | -2.403E-05 | 0.000E+00  | -1.043E-05 | 0.000E+00 |
| 2 | 12.66700  | 7.799E+01  | 7.405E+01  | 4.122E+00  | -1.826E+01 | 6.274E+01 |
|   | (STRAIN)  | 8.646E-06  | 7.771E-06  | 1.827E-06  | -8.094E-06 | 2.782E-05 |
| 2 | 17.00000  | 3.071E+01  | 9.808E+00  | -5.177E+00 | -1.988E+01 | 6.900E+01 |
|   | (STRAIN)  | 4.058E-06  | -5.752E-07 | -2.295E-06 | -8.812E-06 | 3.059E-05 |
| 2 | 21.33300  | -1.770E+01 | -5.447E+01 | -1.447E+01 | -1.848E+01 | 6.404E+01 |
|   | (STRAIN)  | -7.242E-07 | -8.874E-06 | -6.414E-06 | -8.194E-06 | 2.839E-05 |
| 2 | 38.33300  | -7.162E+00 | -1.214E+01 | -2.594E+00 | -5.836E+00 | 1.570E+01 |
|   | (STRAIN)  | -1.757E-05 | -3.100E-05 | -1.401E-05 | -3.151E-05 | 8.477E-05 |
| 2 | 46.66700  | -1.412E+01 | -1.823E+01 | -2.513E+00 | -4.451E+00 | 1.153E+01 |
|   | (STRAIN)  | -2.591E-05 | -3.701E-05 | -1.357E-05 | -2.403E-05 | 6.225E-05 |
| 2 | 65.00000  | -2.076E+00 | -2.987E+00 | -6.403E-01 | -2.143E+00 | 4.949E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.377E-05 | -4.196E-05 | -1.153E-05 | -3.857E-05 | 8.908E-05 |
| 2 | 85.00000  | -3.643E+00 | -4.133E+00 | -3.926E-01 | -1.403E+00 | 3.096E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.486E-05 | -3.927E-05 | -7.068E-06 | -2.525E-05 | 5.573E-05 |
| 2 | 105.00000 | -1.843E+00 | -2.059E+00 | -1.849E-01 | -8.896E-01 | 1.904E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.465E-05 | -3.756E-05 | -4.993E-06 | -2.402E-05 | 5.140E-05 |
| 2 | 111.66700 | -1.986E+00 | -2.170E+00 | -1.601E-01 | -7.894E-01 | 1.679E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.387E-05 | -3.635E-05 | -4.322E-06 | -2.131E-05 | 4.534E-05 |
| 2 | 115.00000 | -2.065E+00 | -2.236E+00 | -1.499E-01 | -7.425E-01 | 1.576E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.359E-05 | -3.589E-05 | -4.048E-06 | -2.005E-05 | 4.254E-05 |
| 2 | 125.00000 | -2.336E+00 | -2.478E+00 | -1.275E-01 | -6.107E-01 | 1.287E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.321E-05 | -3.512E-05 | -3.442E-06 | -1.649E-05 | 3.476E-05 |
| 2 | 128.33300 | -2.439E+00 | -2.574E+00 | -1.224E-01 | -5.686E-01 | 1.196E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.324E-05 | -3.507E-05 | -3.305E-06 | -1.535E-05 | 3.229E-05 |
| 2 | 135.00000 | -2.667E+00 | -2.794E+00 | -1.158E-01 | -4.849E-01 | 1.016E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.356E-05 | -3.528E-05 | -3.127E-06 | -1.309E-05 | 2.743E-05 |
| 2 | 154.16700 | -3.327E-01 | -3.848E-01 | -4.821E-02 | -3.150E-01 | 6.518E-01 |
|   | (STRAIN)  | -3.231E-05 | -3.371E-05 | -2.603E-06 | -1.701E-05 | 3.520E-05 |

|   |           |            |            |            |            |           |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 2 | 163.33300 | -3.048E-01 | -3.486E-01 | -4.080E-02 | -2.805E-01 | 5.786E-01 |
|   | (STRAIN)  | -3.010E-05 | -3.128E-05 | -2.203E-06 | -1.515E-05 | 3.124E-05 |
| 2 | 172.50000 | -2.803E-01 | -3.173E-01 | -3.480E-02 | -2.511E-01 | 5.165E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.812E-05 | -2.912E-05 | -1.879E-06 | -1.356E-05 | 2.789E-05 |
| 2 | 181.66700 | -2.587E-01 | -2.903E-01 | -2.990E-02 | -2.258E-01 | 4.634E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.633E-05 | -2.719E-05 | -1.615E-06 | -1.219E-05 | 2.502E-05 |
| 2 | 190.83300 | -2.395E-01 | -2.668E-01 | -2.587E-02 | -2.040E-01 | 4.176E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.472E-05 | -2.545E-05 | -1.397E-06 | -1.101E-05 | 2.255E-05 |
| 2 | 200.00000 | -2.226E-01 | -2.462E-01 | -2.251E-02 | -1.850E-01 | 3.780E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.325E-05 | -2.389E-05 | -1.216E-06 | -9.989E-06 | 2.041E-05 |
|   |           |            |            |            |            |           |
| 3 | 12.66700  | 2.670E+01  | 4.564E+01  | 4.800E+00  | -4.799E+00 | 2.315E+01 |
|   | (STRAIN)  | 1.807E-06  | 6.007E-06  | 2.128E-06  | -2.128E-06 | 1.026E-05 |
| 3 | 17.00000  | 1.990E+01  | 1.281E+01  | -1.443E+00 | -5.325E+00 | 2.560E+01 |
|   | (STRAIN)  | 2.398E-06  | 8.278E-07  | -6.399E-07 | -2.361E-06 | 1.135E-05 |
| 3 | 21.33300  | 1.310E+01  | -1.993E+01 | -7.667E+00 | -5.134E+00 | 2.452E+01 |
|   | (STRAIN)  | 2.987E-06  | -4.335E-06 | -3.399E-06 | -2.276E-06 | 1.087E-05 |
| 3 | 38.33300  | 2.558E-01  | -7.328E+00 | -1.842E+00 | -2.411E+00 | 1.093E+01 |
|   | (STRAIN)  | 6.234E-07  | -1.985E-05 | -9.948E-06 | -1.302E-05 | 5.900E-05 |
| 3 | 46.66700  | -2.629E+00 | -1.105E+01 | -2.087E+00 | -1.980E+00 | 8.882E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.567E-06 | -2.531E-05 | -1.127E-05 | -1.069E-05 | 4.796E-05 |
| 3 | 65.00000  | 2.234E-01  | -2.253E+00 | -6.280E-01 | -1.231E+00 | 5.344E+00 |
|   | (STRAIN)  | -8.753E-06 | -3.104E-05 | -1.130E-05 | -2.215E-05 | 9.619E-05 |
| 3 | 85.00000  | -1.406E+00 | -3.223E+00 | -4.757E-01 | -9.105E-01 | 3.891E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.529E-05 | -3.164E-05 | -8.562E-06 | -1.639E-05 | 7.004E-05 |
| 3 | 105.00000 | -7.811E-01 | -1.727E+00 | -2.524E-01 | -6.409E-01 | 2.699E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.898E-05 | -3.174E-05 | -6.816E-06 | -1.731E-05 | 7.288E-05 |
| 3 | 111.66700 | -9.893E-01 | -1.834E+00 | -2.270E-01 | -5.814E-01 | 2.441E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.978E-05 | -3.119E-05 | -6.129E-06 | -1.570E-05 | 6.591E-05 |
| 3 | 115.00000 | -1.091E+00 | -1.895E+00 | -2.164E-01 | -5.524E-01 | 2.316E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.016E-05 | -3.100E-05 | -5.843E-06 | -1.492E-05 | 6.253E-05 |
| 3 | 125.00000 | -1.395E+00 | -2.105E+00 | -1.927E-01 | -4.669E-01 | 1.950E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.125E-05 | -3.083E-05 | -5.203E-06 | -1.261E-05 | 5.264E-05 |
| 3 | 128.33300 | -1.497E+00 | -2.186E+00 | -1.875E-01 | -4.385E-01 | 1.829E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.162E-05 | -3.091E-05 | -5.062E-06 | -1.184E-05 | 4.937E-05 |
| 3 | 135.00000 | -1.702E+00 | -2.365E+00 | -1.809E-01 | -3.810E-01 | 1.584E+00 |

|   |           |            |            |            |            |           |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
|   | (STRAIN)  | -2.236E-05 | -3.130E-05 | -4.885E-06 | -1.029E-05 | 4.277E-05 |
| 3 | 154.16700 | -4.737E-02 | -3.312E-01 | -7.799E-02 | -2.620E-01 | 1.080E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.266E-05 | -3.032E-05 | -4.211E-06 | -1.415E-05 | 5.830E-05 |
| 3 | 163.33300 | -5.968E-02 | -3.037E-01 | -6.728E-02 | -2.371E-01 | 9.745E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.178E-05 | -2.837E-05 | -3.633E-06 | -1.280E-05 | 5.262E-05 |
| 3 | 172.50000 | -6.853E-02 | -2.796E-01 | -5.837E-02 | -2.152E-01 | 8.825E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.091E-05 | -2.661E-05 | -3.152E-06 | -1.162E-05 | 4.766E-05 |
| 3 | 181.66700 | -7.476E-02 | -2.583E-01 | -5.090E-02 | -1.959E-01 | 8.019E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.005E-05 | -2.501E-05 | -2.748E-06 | -1.058E-05 | 4.330E-05 |
| 3 | 190.83300 | -7.903E-02 | -2.395E-01 | -4.460E-02 | -1.788E-01 | 7.309E-01 |
|   | (STRAIN)  | -1.922E-05 | -2.355E-05 | -2.408E-06 | -9.657E-06 | 3.947E-05 |
| 3 | 200.00000 | -8.181E-02 | -2.228E-01 | -3.926E-02 | -1.637E-01 | 6.682E-01 |
|   | (STRAIN)  | -1.842E-05 | -2.223E-05 | -2.120E-06 | -8.842E-06 | 3.608E-05 |
| 4 | 12.66700  | 1.175E+02  | 1.841E+02  | 0.000E+00  | 8.700E+01  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -6.329E-06 | 8.443E-06  | 0.000E+00  | 3.857E-05  | 0.000E+00 |
| 4 | 17.00000  | -2.311E+01 | 4.041E+01  | 0.000E+00  | 4.327E+01  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.703E-05 | -2.948E-06 | 0.000E+00  | 1.918E-05  | 0.000E+00 |
| 4 | 21.33300  | -1.602E+02 | -9.835E+01 | 0.000E+00  | 1.854E+01  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.841E-05 | -1.470E-05 | 0.000E+00  | 8.220E-06  | 0.000E+00 |
| 4 | 38.33300  | -2.137E+01 | -1.623E+01 | 0.000E+00  | -4.453E+00 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -5.705E-05 | -4.317E-05 | 0.000E+00  | -2.404E-05 | 0.000E+00 |
| 4 | 46.66700  | -2.879E+01 | -2.517E+01 | 0.000E+00  | -3.475E+00 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -5.828E-05 | -4.850E-05 | 0.000E+00  | -1.876E-05 | 0.000E+00 |
| 4 | 65.00000  | -4.372E+00 | -3.666E+00 | 0.000E+00  | -1.446E+00 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -5.783E-05 | -5.148E-05 | 0.000E+00  | -2.603E-05 | 0.000E+00 |
| 4 | 85.00000  | -5.134E+00 | -4.788E+00 | 0.000E+00  | -8.705E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -4.801E-05 | -4.489E-05 | 0.000E+00  | -1.567E-05 | 0.000E+00 |
| 4 | 105.00000 | -2.430E+00 | -2.283E+00 | 0.000E+00  | -5.175E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -4.338E-05 | -4.140E-05 | 0.000E+00  | -1.397E-05 | 0.000E+00 |
| 4 | 111.66700 | -2.504E+00 | -2.381E+00 | 0.000E+00  | -4.534E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -4.128E-05 | -3.961E-05 | 0.000E+00  | -1.224E-05 | 0.000E+00 |
| 4 | 115.00000 | -2.557E+00 | -2.443E+00 | 0.000E+00  | -4.241E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -4.046E-05 | -3.892E-05 | 0.000E+00  | -1.145E-05 | 0.000E+00 |
| 4 | 125.00000 | -2.779E+00 | -2.685E+00 | 0.000E+00  | -3.437E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.889E-05 | -3.762E-05 | 0.000E+00  | -9.280E-06 | 0.000E+00 |
| 4 | 128.33300 | -2.875E+00 | -2.786E+00 | 0.000E+00  | -3.186E-01 | 0.000E+00 |

|   |           |            |            |            |            |           |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
|   | (STRAIN)  | -3.866E-05 | -3.745E-05 | 0.000E+00  | -8.601E-06 | 0.000E+00 |
| 4 | 135.00000 | -3.104E+00 | -3.021E+00 | 0.000E+00  | -2.693E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.862E-05 | -3.750E-05 | 0.000E+00  | -7.270E-06 | 0.000E+00 |
| 4 | 154.16700 | -4.542E-01 | -4.203E-01 | 0.000E+00  | -1.701E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.637E-05 | -3.545E-05 | 0.000E+00  | -9.187E-06 | 0.000E+00 |
| 4 | 163.33300 | -4.031E-01 | -3.747E-01 | 0.000E+00  | -1.504E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.343E-05 | -3.267E-05 | 0.000E+00  | -8.122E-06 | 0.000E+00 |
| 4 | 172.50000 | -3.596E-01 | -3.357E-01 | 0.000E+00  | -1.338E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.087E-05 | -3.022E-05 | 0.000E+00  | -7.226E-06 | 0.000E+00 |
| 4 | 181.66700 | -3.224E-01 | -3.020E-01 | 0.000E+00  | -1.197E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.860E-05 | -2.805E-05 | 0.000E+00  | -6.465E-06 | 0.000E+00 |
| 4 | 190.83300 | -2.903E-01 | -2.728E-01 | 0.000E+00  | -1.077E-01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.659E-05 | -2.612E-05 | 0.000E+00  | -5.815E-06 | 0.000E+00 |
| 4 | 200.00000 | -2.625E-01 | -2.473E-01 | 0.000E+00  | -9.730E-02 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.480E-05 | -2.439E-05 | 0.000E+00  | -5.254E-06 | 0.000E+00 |
| 5 | 12.66700  | 7.949E+01  | 7.896E+01  | 3.100E+00  | -8.666E+00 | 6.657E+01 |
|   | (STRAIN)  | 8.617E-06  | 8.498E-06  | 1.374E-06  | -3.842E-06 | 2.951E-05 |
| 5 | 17.00000  | 3.088E+01  | 9.856E+00  | -1.717E+00 | -9.297E+00 | 7.304E+01 |
|   | (STRAIN)  | 4.064E-06  | -5.969E-07 | -7.612E-07 | -4.122E-06 | 3.238E-05 |
| 5 | 21.33300  | -1.871E+01 | -5.937E+01 | -6.698E+00 | -8.640E+00 | 6.772E+01 |
|   | (STRAIN)  | -6.578E-07 | -9.670E-06 | -2.969E-06 | -3.830E-06 | 3.002E-05 |
| 5 | 38.33300  | -7.230E+00 | -1.312E+01 | -1.311E+00 | -2.986E+00 | 1.661E+01 |
|   | (STRAIN)  | -1.760E-05 | -3.349E-05 | -7.077E-06 | -1.612E-05 | 8.967E-05 |
| 5 | 46.66700  | -1.446E+01 | -1.951E+01 | -1.295E+00 | -2.291E+00 | 1.217E+01 |
|   | (STRAIN)  | -2.616E-05 | -3.979E-05 | -6.991E-06 | -1.237E-05 | 6.569E-05 |
| 5 | 65.00000  | -2.083E+00 | -3.240E+00 | -3.320E-01 | -1.105E+00 | 5.144E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.418E-05 | -4.459E-05 | -5.977E-06 | -1.989E-05 | 9.259E-05 |
| 5 | 85.00000  | -3.692E+00 | -4.332E+00 | -2.022E-01 | -7.201E-01 | 3.189E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.526E-05 | -4.102E-05 | -3.640E-06 | -1.296E-05 | 5.741E-05 |
| 5 | 105.00000 | -1.860E+00 | -2.147E+00 | -9.466E-02 | -4.540E-01 | 1.946E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.498E-05 | -3.885E-05 | -2.556E-06 | -1.226E-05 | 5.254E-05 |
| 5 | 111.66700 | -2.005E+00 | -2.250E+00 | -8.180E-02 | -4.023E-01 | 1.714E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.418E-05 | -3.748E-05 | -2.209E-06 | -1.086E-05 | 4.627E-05 |
| 5 | 115.00000 | -2.085E+00 | -2.313E+00 | -7.654E-02 | -3.782E-01 | 1.607E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.388E-05 | -3.696E-05 | -2.066E-06 | -1.021E-05 | 4.338E-05 |

---

|   |           |            |            |            |            |           |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 5 | 125.00000 | -2.359E+00 | -2.549E+00 | -6.487E-02 | -3.105E-01 | 1.310E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.346E-05 | -3.604E-05 | -1.752E-06 | -8.385E-06 | 3.538E-05 |
| 5 | 128.33300 | -2.463E+00 | -2.645E+00 | -6.217E-02 | -2.890E-01 | 1.217E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.349E-05 | -3.595E-05 | -1.678E-06 | -7.803E-06 | 3.285E-05 |
| 5 | 135.00000 | -2.694E+00 | -2.865E+00 | -5.876E-02 | -2.462E-01 | 1.032E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.381E-05 | -3.612E-05 | -1.587E-06 | -6.647E-06 | 2.787E-05 |
| 5 | 154.16700 | -3.356E-01 | -4.060E-01 | -2.442E-02 | -1.593E-01 | 6.597E-01 |
|   | (STRAIN)  | -3.251E-05 | -3.442E-05 | -1.319E-06 | -8.603E-06 | 3.562E-05 |
| 5 | 163.33300 | -3.073E-01 | -3.665E-01 | -2.065E-02 | -1.417E-01 | 5.849E-01 |
|   | (STRAIN)  | -3.028E-05 | -3.188E-05 | -1.115E-06 | -7.654E-06 | 3.159E-05 |
| 5 | 172.50000 | -2.824E-01 | -3.326E-01 | -1.759E-02 | -1.268E-01 | 5.216E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.827E-05 | -2.963E-05 | -9.501E-07 | -6.846E-06 | 2.817E-05 |
| 5 | 181.66700 | -2.604E-01 | -3.034E-01 | -1.510E-02 | -1.139E-01 | 4.676E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.646E-05 | -2.763E-05 | -8.156E-07 | -6.152E-06 | 2.525E-05 |
| 5 | 190.83300 | -2.411E-01 | -2.781E-01 | -1.306E-02 | -1.028E-01 | 4.212E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.483E-05 | -2.583E-05 | -7.050E-07 | -5.553E-06 | 2.274E-05 |
| 5 | 200.00000 | -2.239E-01 | -2.560E-01 | -1.135E-02 | -9.320E-02 | 3.810E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.335E-05 | -2.422E-05 | -6.131E-07 | -5.033E-06 | 2.057E-05 |
|   |           |            |            |            |            |           |
| 6 | 12.66700  | 2.695E+01  | 4.736E+01  | 2.474E+00  | -2.499E+00 | 2.431E+01 |
|   | (STRAIN)  | 1.751E-06  | 6.274E-06  | 1.097E-06  | -1.108E-06 | 1.078E-05 |
| 6 | 17.00000  | 2.044E+01  | 1.267E+01  | -7.628E-01 | -2.771E+00 | 2.685E+01 |
|   | (STRAIN)  | 2.487E-06  | 7.661E-07  | -3.382E-07 | -1.228E-06 | 1.190E-05 |
| 6 | 21.33300  | 1.396E+01  | -2.192E+01 | -3.990E+00 | -2.670E+00 | 2.571E+01 |
|   | (STRAIN)  | 3.229E-06  | -4.724E-06 | -1.769E-06 | -1.184E-06 | 1.140E-05 |
| 6 | 38.33300  | 4.017E-01  | -7.797E+00 | -9.532E-01 | -1.244E+00 | 1.133E+01 |
|   | (STRAIN)  | 1.088E-06  | -2.105E-05 | -5.148E-06 | -6.719E-06 | 6.117E-05 |
| 6 | 46.66700  | -2.559E+00 | -1.165E+01 | -1.078E+00 | -1.020E+00 | 9.186E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.153E-06 | -2.669E-05 | -5.819E-06 | -5.508E-06 | 4.960E-05 |
| 6 | 65.00000  | 2.712E-01  | -2.393E+00 | -3.231E-01 | -6.302E-01 | 5.484E+00 |
|   | (STRAIN)  | -8.481E-06 | -3.246E-05 | -5.816E-06 | -1.134E-05 | 9.871E-05 |
| 6 | 85.00000  | -1.403E+00 | -3.349E+00 | -2.433E-01 | -4.646E-01 | 3.976E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.524E-05 | -3.275E-05 | -4.379E-06 | -8.363E-06 | 7.157E-05 |
| 6 | 105.00000 | -7.792E-01 | -1.789E+00 | -1.286E-01 | -3.258E-01 | 2.747E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.901E-05 | -3.264E-05 | -3.473E-06 | -8.798E-06 | 7.416E-05 |
| 6 | 111.66700 | -9.913E-01 | -1.893E+00 | -1.155E-01 | -2.953E-01 | 2.481E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.983E-05 | -3.200E-05 | -3.118E-06 | -7.974E-06 | 6.700E-05 |

|   |           |            |            |            |            |           |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 6 | 115.00000 | -1.095E+00 | -1.952E+00 | -1.100E-01 | -2.805E-01 | 2.353E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.022E-05 | -3.178E-05 | -2.971E-06 | -7.573E-06 | 6.354E-05 |
| 6 | 125.00000 | -1.404E+00 | -2.160E+00 | -9.780E-02 | -2.368E-01 | 1.978E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.133E-05 | -3.153E-05 | -2.641E-06 | -6.394E-06 | 5.342E-05 |
| 6 | 128.33300 | -1.507E+00 | -2.240E+00 | -9.507E-02 | -2.223E-01 | 1.855E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.170E-05 | -3.160E-05 | -2.567E-06 | -6.003E-06 | 5.008E-05 |
| 6 | 135.00000 | -1.715E+00 | -2.420E+00 | -9.168E-02 | -1.930E-01 | 1.605E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.245E-05 | -3.196E-05 | -2.475E-06 | -5.211E-06 | 4.335E-05 |
| 6 | 154.16700 | -4.682E-02 | -3.484E-01 | -3.945E-02 | -1.324E-01 | 1.091E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.275E-05 | -3.089E-05 | -2.130E-06 | -7.147E-06 | 5.892E-05 |
| 6 | 163.33300 | -5.942E-02 | -3.185E-01 | -3.401E-02 | -1.197E-01 | 9.840E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.187E-05 | -2.887E-05 | -1.836E-06 | -6.461E-06 | 5.313E-05 |
| 6 | 172.50000 | -6.845E-02 | -2.924E-01 | -2.948E-02 | -1.085E-01 | 8.905E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.099E-05 | -2.704E-05 | -1.592E-06 | -5.860E-06 | 4.809E-05 |
| 6 | 181.66700 | -7.481E-02 | -2.695E-01 | -2.568E-02 | -9.874E-02 | 8.086E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.013E-05 | -2.539E-05 | -1.387E-06 | -5.332E-06 | 4.366E-05 |
| 6 | 190.83300 | -7.916E-02 | -2.493E-01 | -2.249E-02 | -9.010E-02 | 7.366E-01 |
|   | (STRAIN)  | -1.929E-05 | -2.388E-05 | -1.215E-06 | -4.865E-06 | 3.977E-05 |
| 6 | 200.00000 | -8.199E-02 | -2.314E-01 | -1.979E-02 | -8.245E-02 | 6.730E-01 |
|   | (STRAIN)  | -1.848E-05 | -2.252E-05 | -1.068E-06 | -4.452E-06 | 3.634E-05 |
| 7 | 12.66700  | 1.083E+02  | 2.373E+02  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.229E-06 | 2.737E-05  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 17.00000  | -2.561E+01 | 7.705E+01  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.460E-05 | 8.158E-06  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 21.33300  | -1.615E+02 | -7.710E+01 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.759E-05 | -8.875E-06 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 38.33300  | -2.168E+01 | -1.618E+01 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -5.773E-05 | -4.288E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 46.66700  | -2.921E+01 | -2.567E+01 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -5.900E-05 | -4.944E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 65.00000  | -4.424E+00 | -3.785E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -5.846E-05 | -5.271E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 85.00000  | -5.194E+00 | -4.897E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -4.846E-05 | -4.579E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 105.00000 | -2.464E+00 | -2.341E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |



|   |           |            |            |            |            |           |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
|   | (STRAIN)  | -4.381E-05 | -4.215E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 111.66700 | -2.541E+00 | -2.438E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -4.171E-05 | -4.032E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 115.00000 | -2.595E+00 | -2.500E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -4.089E-05 | -3.961E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 125.00000 | -2.822E+00 | -2.745E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.933E-05 | -3.828E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 128.33300 | -2.920E+00 | -2.847E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.910E-05 | -3.810E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 135.00000 | -3.153E+00 | -3.085E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.908E-05 | -3.815E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 154.16700 | -4.701E-01 | -4.424E-01 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.686E-05 | -3.611E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 163.33300 | -4.205E-01 | -3.974E-01 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.393E-05 | -3.331E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 172.50000 | -3.785E-01 | -3.591E-01 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.138E-05 | -3.085E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 181.66700 | -3.428E-01 | -3.263E-01 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.912E-05 | -2.867E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 190.83300 | -3.121E-01 | -2.979E-01 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.712E-05 | -2.674E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 200.00000 | -2.855E-01 | -2.733E-01 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.533E-05 | -2.500E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 8 | 12.66700  | 7.928E+01  | 8.104E+01  | 2.828E-08  | -8.832E-07 | 6.734E+01 |
|   | (STRAIN)  | 8.468E-06  | 8.857E-06  | 1.254E-14  | -3.915E-13 | 2.986E-05 |
| 8 | 17.00000  | 3.033E+01  | 1.040E+01  | 1.797E-07  | -1.554E-07 | 7.386E+01 |
|   | (STRAIN)  | 3.941E-06  | -4.766E-07 | 7.967E-14  | -6.889E-14 | 3.274E-05 |
| 8 | 21.33300  | -1.948E+01 | -6.046E+01 | -4.445E-07 | -3.586E-07 | 6.841E+01 |
|   | (STRAIN)  | -7.327E-07 | -9.817E-06 | -1.971E-13 | -1.590E-13 | 3.033E-05 |
| 8 | 38.33300  | -7.271E+00 | -1.342E+01 | 6.209E-08  | 1.770E-08  | 1.689E+01 |
|   | (STRAIN)  | -1.764E-05 | -3.424E-05 | 3.353E-13  | 9.560E-14  | 9.123E-05 |
| 8 | 46.66700  | -1.459E+01 | -1.994E+01 | 4.335E-08  | -1.818E-08 | 1.238E+01 |
|   | (STRAIN)  | -2.625E-05 | -4.071E-05 | 2.341E-13  | -9.819E-14 | 6.683E-05 |
| 8 | 65.00000  | -2.086E+00 | -3.326E+00 | -3.466E-09 | 3.136E-09  | 5.211E+00 |
|   | (STRAIN)  | -3.432E-05 | -4.548E-05 | -6.239E-14 | 5.644E-14  | 9.379E-05 |
| 8 | 85.00000  | -3.709E+00 | -4.401E+00 | -4.359E-09 | 1.675E-08  | 3.221E+00 |

```

      (STRAIN) -3.540E-05 -4.163E-05 -7.846E-14 3.015E-13 5.798E-05
8  105.00000 -1.866E+00 -2.177E+00 -2.402E-09 -1.011E-08 1.960E+00
      (STRAIN) -3.509E-05 -3.929E-05 -6.485E-14 -2.730E-13 5.293E-05
8  111.66700 -2.011E+00 -2.277E+00 -7.475E-10 4.807E-09 1.725E+00
      (STRAIN) -3.427E-05 -3.786E-05 -2.018E-14 1.298E-13 4.659E-05
8  115.00000 -2.091E+00 -2.339E+00 -1.570E-09 3.872E-09 1.617E+00
      (STRAIN) -3.398E-05 -3.732E-05 -4.238E-14 1.045E-13 4.367E-05
8  125.00000 -2.366E+00 -2.574E+00 2.885E-09 1.082E-08 1.318E+00
      (STRAIN) -3.355E-05 -3.635E-05 7.789E-14 2.923E-13 3.559E-05
8  128.33300 -2.471E+00 -2.669E+00 2.337E-10 3.439E-09 1.224E+00
      (STRAIN) -3.357E-05 -3.625E-05 6.311E-15 9.286E-14 3.304E-05
8  135.00000 -2.703E+00 -2.890E+00 1.413E-09 1.442E-09 1.038E+00
      (STRAIN) -3.389E-05 -3.640E-05 3.816E-14 3.895E-14 2.802E-05
8  154.16700 -3.366E-01 -4.132E-01 -1.850E-10 -2.053E-09 6.623E-01
      (STRAIN) -3.258E-05 -3.465E-05 -9.988E-15 -1.108E-13 3.576E-05
8  163.33300 -3.081E-01 -3.726E-01 2.579E-10 -5.924E-12 5.871E-01
      (STRAIN) -3.034E-05 -3.208E-05 1.393E-14 -3.199E-16 3.170E-05
8  172.50000 -2.831E-01 -3.378E-01 2.412E-10 -2.751E-09 5.234E-01
      (STRAIN) -2.832E-05 -2.980E-05 1.303E-14 -1.486E-13 2.826E-05
8  181.66700 -2.611E-01 -3.079E-01 3.426E-10 2.990E-09 4.690E-01
      (STRAIN) -2.651E-05 -2.777E-05 1.850E-14 1.615E-13 2.533E-05
8  190.83300 -2.416E-01 -2.819E-01 2.057E-10 -3.693E-09 4.224E-01
      (STRAIN) -2.487E-05 -2.596E-05 1.111E-14 -1.994E-13 2.281E-05
8  200.00000 -2.243E-01 -2.593E-01 2.142E-10 3.072E-09 3.820E-01
      (STRAIN) -2.339E-05 -2.433E-05 1.157E-14 1.659E-13 2.063E-05

9  12.66700 2.704E+01 4.795E+01 -4.645E-08 -8.602E-08 2.471E+01
      (STRAIN) 1.732E-06 6.366E-06 -2.059E-14 -3.814E-14 1.095E-05
9  17.00000 2.063E+01 1.263E+01 -5.289E-08 7.523E-08 2.728E+01
      (STRAIN) 2.519E-06 7.448E-07 -2.345E-14 3.335E-14 1.210E-05
9  21.33300 1.426E+01 -2.261E+01 1.132E-08 1.140E-07 2.610E+01
      (STRAIN) 3.314E-06 -4.858E-06 5.019E-15 5.055E-14 1.157E-05
9  38.33300 4.522E-01 -7.959E+00 4.044E-08 2.583E-10 1.147E+01
      (STRAIN) 1.248E-06 -2.146E-05 2.184E-13 1.395E-15 6.192E-05
9  46.66700 -2.535E+00 -1.185E+01 -2.642E-08 5.661E-08 9.291E+00
      (STRAIN) -2.010E-06 -2.717E-05 -1.427E-13 3.057E-13 5.017E-05

```

---

|   |           |            |            |            |            |           |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 9 | 65.00000  | 2.878E-01  | -2.441E+00 | 1.320E-08  | 5.203E-09  | 5.531E+00 |
|   | (STRAIN)  | -8.386E-06 | -3.295E-05 | 2.376E-13  | 9.365E-14  | 9.956E-05 |
| 9 | 85.00000  | -1.402E+00 | -3.392E+00 | -1.309E-08 | -2.468E-08 | 4.005E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.522E-05 | -3.313E-05 | -2.356E-13 | -4.443E-13 | 7.209E-05 |
| 9 | 105.00000 | -7.786E-01 | -1.810E+00 | -6.983E-09 | -2.202E-09 | 2.763E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.902E-05 | -3.295E-05 | -1.885E-13 | -5.946E-14 | 7.459E-05 |
| 9 | 111.66700 | -9.919E-01 | -1.912E+00 | -3.034E-09 | -6.619E-09 | 2.495E+00 |
|   | (STRAIN)  | -1.985E-05 | -3.228E-05 | -8.192E-14 | -1.787E-13 | 6.737E-05 |
| 9 | 115.00000 | -1.096E+00 | -1.971E+00 | 1.896E-09  | -9.451E-09 | 2.366E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.024E-05 | -3.204E-05 | 5.120E-14  | -2.552E-13 | 6.388E-05 |
| 9 | 125.00000 | -1.407E+00 | -2.178E+00 | 3.121E-09  | -4.787E-09 | 1.988E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.136E-05 | -3.177E-05 | 8.426E-14  | -1.293E-13 | 5.368E-05 |
| 9 | 128.33300 | -1.511E+00 | -2.259E+00 | -5.494E-10 | -5.369E-10 | 1.864E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.173E-05 | -3.183E-05 | -1.483E-14 | -1.450E-14 | 5.032E-05 |
| 9 | 135.00000 | -1.720E+00 | -2.439E+00 | -3.710E-09 | 6.300E-09  | 1.613E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.248E-05 | -3.218E-05 | -1.002E-13 | 1.701E-13  | 4.354E-05 |
| 9 | 154.16700 | -4.663E-02 | -3.542E-01 | 5.140E-10  | 3.030E-09  | 1.095E+00 |
|   | (STRAIN)  | -2.278E-05 | -3.109E-05 | 2.775E-14  | 1.636E-13  | 5.913E-05 |
| 9 | 163.33300 | -5.932E-02 | -3.235E-01 | 1.248E-09  | -6.339E-10 | 9.872E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.190E-05 | -2.904E-05 | 6.737E-14  | -3.423E-14 | 5.331E-05 |
| 9 | 172.50000 | -6.842E-02 | -2.967E-01 | 4.681E-10  | 2.043E-09  | 8.931E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.102E-05 | -2.719E-05 | 2.528E-14  | 1.103E-13  | 4.823E-05 |
| 9 | 181.66700 | -7.483E-02 | -2.733E-01 | -7.111E-10 | 3.038E-09  | 8.108E-01 |
|   | (STRAIN)  | -2.016E-05 | -2.551E-05 | -3.840E-14 | 1.641E-13  | 4.378E-05 |
| 9 | 190.83300 | -7.921E-02 | -2.526E-01 | 7.916E-10  | -4.749E-10 | 7.385E-01 |
|   | (STRAIN)  | -1.932E-05 | -2.400E-05 | 4.275E-14  | -2.565E-14 | 3.988E-05 |
| 9 | 200.00000 | -8.206E-02 | -2.343E-01 | 5.657E-11  | 5.787E-10  | 6.746E-01 |
|   | (STRAIN)  | -1.850E-05 | -2.261E-05 | 3.055E-15  | 3.125E-14  | 3.643E-05 |

### 8.3.4 Resultados de ANSYS para la sección 121

Para no hacer demasiado largo este apéndice de resultados, se añadirán los códigos que se han utilizado para cada modelo, de tal forma que los resultados pueden obtenerse utilizando este código y entrando al postprocesador para encontrar la solución buscada en cada caso.

#### 8.3.4.1 Código del modelo ANSYS185

|   |                  |
|---|------------------|
| /Clear  | AL,2,6,7         |
| !Cambiar unidad angular a grados                            | AL,3,7,8         |
| *Afun,DEG   | AL,4,8,5         |
| !Cambiar vista  | L,4,12           |
| /VIEW,1,-0.6,-0.6,0.6                                       | L,2,13           |
| /ANG,1,49.1947236060  | L,1,2            |
| /REP,FAST   | L,1,4            |
| ! Para tomar capturas, se cambia a blanco el color de fondo | AL,3,9,10,11,12  |
|   | L,6,11           |
| /RGB,INDEX,100,100,100, 0                                   | L,5,6            |
| /RGB,INDEX, 80, 80, 80,13                                   | L,4,5            |
| /RGB,INDEX, 60, 60, 60,14                                   | AL,2,9,13,14,15  |
| /RGB,INDEX, 0, 0, 0,15                                      | L,6,9            |
| /PREP7  | L,9,8            |
| !-----GEOMETRÍA-----  | L,8,10           |
| !Keypoints capas  | AL,1,13,16,17,18 |
| K,1,0,0,1.45  | L,2,7            |
| K,2,0.1875,0,1.45   | L,7,8            |
| K,3,0.1875,2,1.45   | AL,4,10,18,19,20 |
| K,4,0,2,1.45  | VOFFST,1,-0.04   |
| K,5,0,4,1.45  | VOFFST,2,-0.04   |
| K,6,0.1875,4,1.45   | VOFFST,3,-0.04   |
| K,7,2,0,1.45  | VOFFST,4,-0.04   |
| K,8,2,2,1.45  | VOFFST,5,0.04    |
| K,9,2,4,1.45  | VOFFST,6,0.04    |
| !Disco de carga   | VOFFST,7,0.04    |
| CIRCLE,3,0.1135   | VOFFST,8,0.04    |
| L,3,10  | VOFFST,9,-0.26   |
| L,3,11  | VOFFST,13,-0.26  |
| L,3,12  | VOFFST,17,-0.26  |
| L,3,13  | VOFFST,21,-0.26  |
| AL,1,5,6  | VOFFST,25,0.26   |

|                        |                               |
|------------------------|-------------------------------|
| VOFFST,31,0.26         | MP,PRXY,1,0.35                |
| VOFFST,37,0.26         | !1. Unidades en N,kg,m        |
| VOFFST,43,0.26         | MP,EX,2,1e8                   |
| VOFFST,49,-0.25        | MP,PRXY,2,0.35                |
| VOFFST,53,-0.25        | !2. Unidades en N,kg,m        |
| VOFFST,57,-0.25        | MP,EX,3,1.5e8                 |
| VOFFST,61,-0.25        | MP,PRXY,3,0.35                |
| VOFFST,65,0.25         | !ZA. Unidades en N,kg,m       |
| VOFFST,71,0.25         | MP,EX,4,5e8                   |
| VOFFST,77,0.25         | MP,PRXY,4,0.35                |
| VOFFST,83,0.25         | !S. Unidades en N,kg,m        |
| VOFFST,89,-0.40        | MP,EX,5,6e9                   |
| VOFFST,93,-0.40        | MP,PRXY,5,0.33                |
| VOFFST,97,-0.40        | !PA. Unidades en N,kg,m       |
| VOFFST,101,-0.40       | MP,EX,6,4e9                   |
| VOFFST,105,0.40        | MP,PRXY,6,0.35                |
| VOFFST,111,0.40        | !Definimos Element types      |
| VOFFST,117,0.40        | ET,1,SOLID185 !Elemento firme |
| VOFFST,123,0.40        | !-----MALLADO-----            |
| VOFFST,129,-0.50       | !Atributos de mallado         |
| VOFFST,133,-0.50       | DIV=0.1                       |
| VOFFST,137,-0.50       | !0                            |
| VOFFST,141,-0.50       | VSEL,S,VOLU,,41,48            |
| VOFFST,145,0.50        | VATT,1,,1                     |
| VOFFST,151,0.50        | ESIZE,DIV                     |
| VOFFST,157,0.50        | !1                            |
| VOFFST,163,0.50        | VSEL,S,VOLU,,33,40            |
| VOFFST,169,-0.55       | VATT,2,,1                     |
| VOFFST,173,-0.55       | ESIZE,DIV                     |
| VOFFST,177,-0.55       | !2                            |
| VOFFST,181,-0.55       | VSEL,S,VOLU,,25,32            |
| VOFFST,185,0.55        | VATT,3,,1                     |
| VOFFST,191,0.55        | ESIZE,DIV                     |
| VOFFST,197,0.55        | !ZA                           |
| VOFFST,203,0.55        | VSEL,S,VOLU,,17,24            |
| !-----MATERIALES-----  | VATT,4,,1                     |
| !0. Unidades en N,kg,m | ESIZE,DIV                     |
| MP,EX,1,5e7            | !S                            |

```

VSEL,S,VOLU,,9,16
VATT,5,,1
ESIZE,DIV
!PA
VSEL,S,VOLU,,1,8
VATT,6,,1
ESIZE,DIV
LSEL,S,LINE,,1,8
*DO,I,0,5,1
LSEL,A,LINE,,21+64*I,39+64*I,6
LSEL,A,LINE,,22+64*I,34+64*I,6
LSEL,A,LINE,,23+64*I
*ENDDO
LESIZE,ALL,,2
ALLSEL
VSWEPT,ALL
ALLSEL
NUMMRG,ALL
!-----
! Cargas
!-----
DA,209,ALL,0
DA,213,ALL,0
DA,217,ALL,0
DA,221,ALL,0
DA,225,ALL,0
DA,231,ALL,0
DA,237,ALL,0
DA,243,ALL,0
I=0
*DO,I,0,5,1

```

```

DA,29+40*I,SYMM
DA,34+40*I,SYMM
*ENDDO
I=0
*DO,I,0,5,1
DA,28+40*I,UX,0
DA,28+40*I,UY,0
DA,47+40*I,UX,0
DA,47+40*I,UY,0
DA,46+40*I,UX,0
DA,46+40*I,UY,0
DA,41+40*I,UX,0
DA,41+40*I,UY,0
DA,40+40*I,UX,0
DA,40+40*I,UY,0
*ENDDO
presion=8e5 !N/m2
ASEL,S,AREA,,1,4
NSLA,S,1
SF,ALL,PRES,presion
ALLSEL
finish
!-----
! Solucionador
!-----
/solu
!ANTYPE,2
solve
finish

```

#### 8.3.4.2 Código del modelo ANSYS186

```

/Clear
!Cambiar unidad angular a grados
*Afun,DEG

```

```

!Cambiar vista
/VIEW,1,-0.6,-0.6,0.6
/ANG,1,49.1947236060

```

|   |                  |
|---|------------------|
| /REP,FAST   | L,9,8            |
| ! Para tomar capturas, se cambia a blanco el color de fondo | L,8,10           |
| /RGB,INDEX,100,100,100, 0                                   | AL,1,13,16,17,18 |
| /RGB,INDEX, 80, 80, 80,13                                   | L,2,7            |
| /RGB,INDEX, 60, 60, 60,14                                   | L,7,8            |
| /RGB,INDEX, 0, 0, 0,15                                      | AL,4,10,18,19,20 |
| /PREP7  | VOFFST,1,-0.04   |
| !-----GEOMETRÍA-----  | VOFFST,2,-0.04   |
| !Keypoints capas  | VOFFST,3,-0.04   |
| K,1,0,0,1.45  | VOFFST,4,-0.04   |
| K,2,0.1875,0,1.45   | VOFFST,5,0.04    |
| K,3,0.1875,2,1.45   | VOFFST,6,0.04    |
| K,4,0,2,1.45  | VOFFST,7,0.04    |
| K,5,0,4,1.45  | VOFFST,8,0.04    |
| K,6,0.1875,4,1.45   | VOFFST,9,-0.26   |
| K,7,2,0,1.45  | VOFFST,13,-0.26  |
| K,8,2,2,1.45  | VOFFST,17,-0.26  |
| K,9,2,4,1.45  | VOFFST,21,-0.26  |
| !Disco de carga   | VOFFST,25,0.26   |
| CIRCLE,3,0.1135   | VOFFST,31,0.26   |
| L,3,10  | VOFFST,37,0.26   |
| L,3,11  | VOFFST,43,0.26   |
| L,3,12  | VOFFST,49,-0.25  |
| L,3,13  | VOFFST,53,-0.25  |
| AL,1,5,6  | VOFFST,57,-0.25  |
| AL,2,6,7  | VOFFST,61,-0.25  |
| AL,3,7,8  | VOFFST,65,0.25   |
| AL,4,8,5  | VOFFST,71,0.25   |
| L,4,12  | VOFFST,77,0.25   |
| L,2,13  | VOFFST,83,0.25   |
| L,1,2   | VOFFST,89,-0.40  |
| L,1,4   | VOFFST,93,-0.40  |
| AL,3,9,10,11,12   | VOFFST,97,-0.40  |
| L,6,11  | VOFFST,101,-0.40 |
| L,5,6   | VOFFST,105,0.40  |
| L,4,5   | VOFFST,111,0.40  |
| AL,2,9,13,14,15   | VOFFST,117,0.40  |
| L,6,9   | VOFFST,123,0.40  |

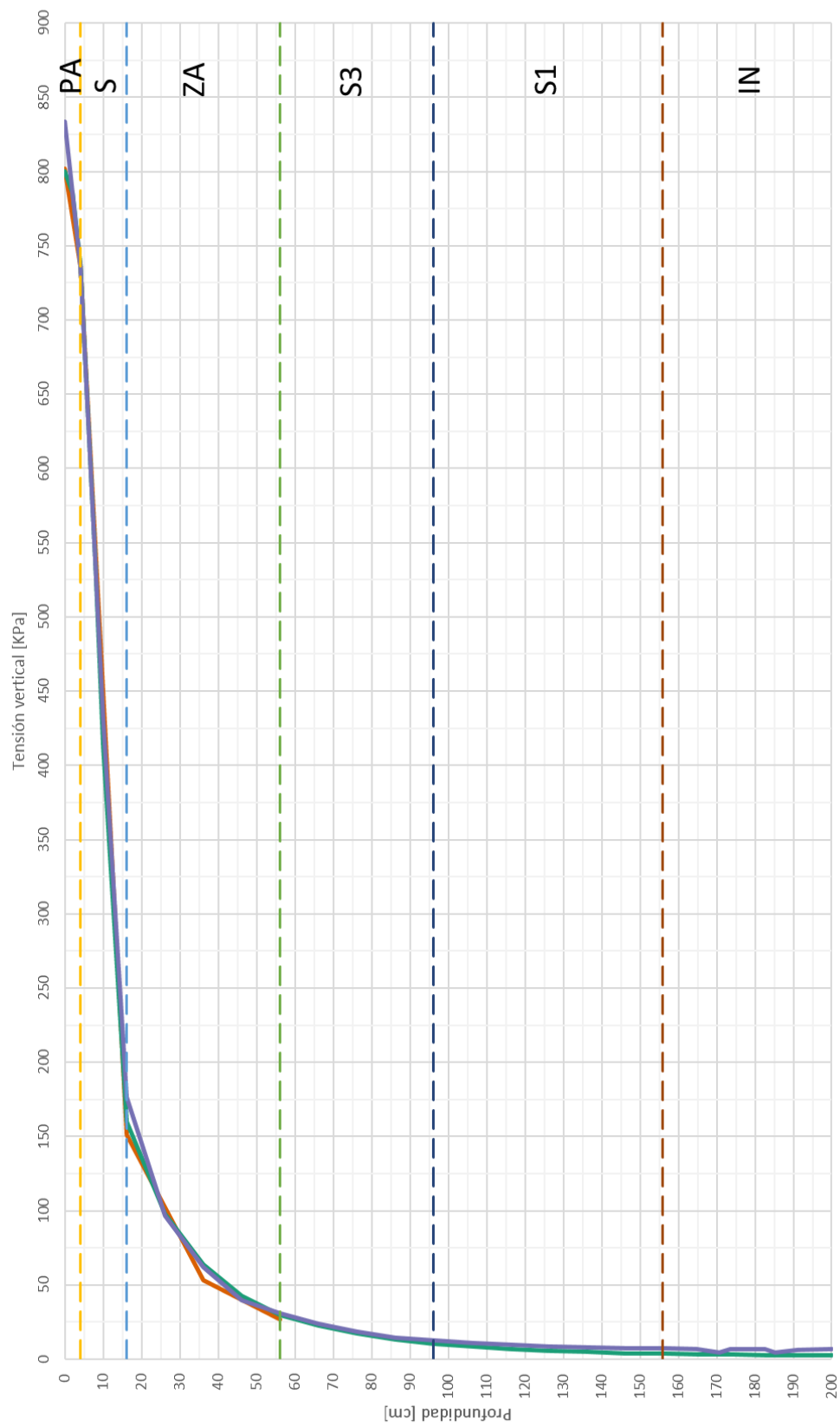
|                               |                                |
|-------------------------------|--------------------------------|
| VOFFST,129,-0.50              | !Atributos de mallado          |
| VOFFST,133,-0.50              | DIV=0.2                        |
| VOFFST,137,-0.50              | !0                             |
| VOFFST,141,-0.50              | VSEL,S,VOLU,,41,48             |
| VOFFST,145,0.50               | VATT,1,,1                      |
| VOFFST,151,0.50               | ESIZE,DIV                      |
| VOFFST,157,0.50               | !1                             |
| VOFFST,163,0.50               | VSEL,S,VOLU,,33,40             |
| VOFFST,169,-0.55              | VATT,2,,1                      |
| VOFFST,173,-0.55              | ESIZE,DIV                      |
| VOFFST,177,-0.55              | !2                             |
| VOFFST,181,-0.55              | VSEL,S,VOLU,,25,32             |
| VOFFST,185,0.55               | VATT,3,,1                      |
| VOFFST,191,0.55               | ESIZE,DIV                      |
| VOFFST,197,0.55               | !ZA                            |
| VOFFST,203,0.55               | VSEL,S,VOLU,,17,24             |
| !-----MATERIALES-----         | VATT,4,,1                      |
| !0. Unidades en N,kg,m        | ESIZE,DIV                      |
| MP,EX,1,5e7                   | !S                             |
| MP,PRXY,1,0.35                | VSEL,S,VOLU,,9,16              |
| !1. Unidades en N,kg,m        | VATT,5,,1                      |
| MP,EX,2,1e8                   | ESIZE,DIV                      |
| MP,PRXY,2,0.35                | !PA                            |
| !2. Unidades en N,kg,m        | VSEL,S,VOLU,,1,8               |
| MP,EX,3,1.5e8                 | VATT,6,,1                      |
| MP,PRXY,3,0.35                | ESIZE,DIV                      |
| !ZA. Unidades en N,kg,m       | LSEL,S,LINE,,1,8               |
| MP,EX,4,5e8                   | *DO,I,0,5,1                    |
| MP,PRXY,4,0.35                | LSEL,A,LINE,,21+64*I,39+64*I,6 |
| !S. Unidades en N,kg,m        | LSEL,A,LINE,,22+64*I,34+64*I,6 |
| MP,EX,5,6e9                   | LSEL,A,LINE,,23+64*I           |
| MP,PRXY,5,0.33                | *ENDDO                         |
| !PA. Unidades en N,kg,m       | LESIZE,ALL,,,2                 |
| MP,EX,6,4e9                   | LSEL,S,LINE,,24,26             |
| MP,PRXY,6,0.35                | *DO,I,0,5,1                    |
| !Definimos Element types      | LSEL,A,LINE,,24+64*I,26+64*I   |
| ET,1,SOLID186 !Elemento firme | *ENDDO                         |
| !-----MALLADO-----            | LSEL,A,LINE,,52,54             |

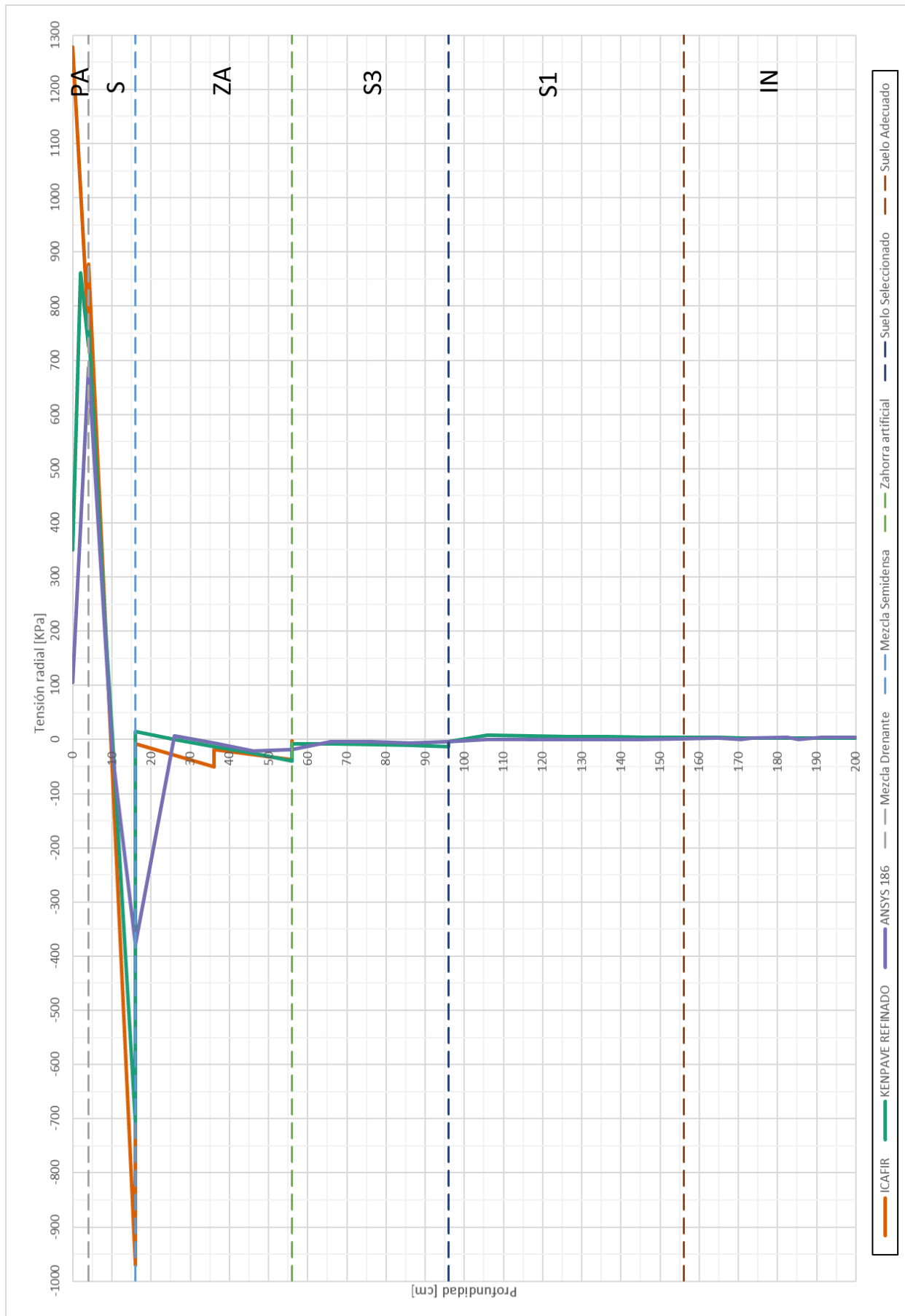


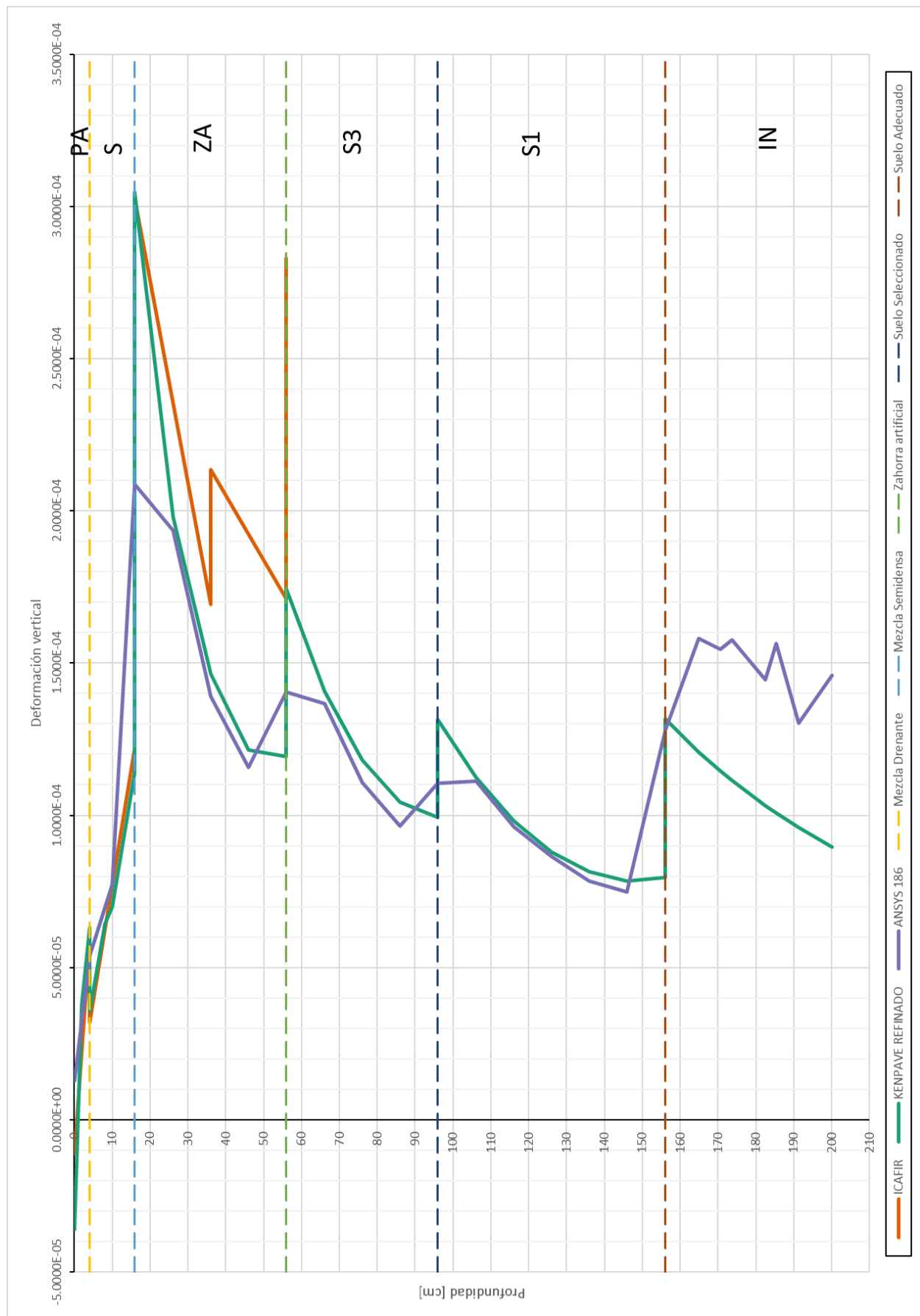
|                              |                     |
|------------------------------|---------------------|
| *DO,I,1,5,1                  | DA,225,ALL,0        |
| LSEL,A,LINE,,52+64*I,54+64*I | DA,231,ALL,0        |
| *ENDDO                       | DA,237,ALL,0        |
| LSEL,A,LINE,,63,64           | DA,243,ALL,0        |
| *DO,I,1,5,1                  | I=0                 |
| LSEL,A,LINE,,63+64*I,64+64*I | *DO,I,0,5,1         |
| *ENDDO                       | DA,29+40*I,SYMM     |
| LSEL,A,LINE,,73,74           | DA,34+40*I,SYMM     |
| *DO,I,1,5,1                  | *ENDDO              |
| LSEL,A,LINE,,73+64*I,74+64*I | I=0                 |
| *ENDDO                       | *DO,I,0,5,1         |
| LSEL,A,LINE,,31              | DA,28+40*I,UX,0     |
| *DO,I,1,5,1                  | DA,28+40*I,UY,0     |
| LSEL,A,LINE,,31+64*I         | DA,47+40*I,UX,0     |
| *ENDDO                       | DA,47+40*I,UY,0     |
| LSEL,A,LINE,,37              | DA,46+40*I,UX,0     |
| *DO,I,1,5,1                  | DA,46+40*I,UY,0     |
| LSEL,A,LINE,,37+64*I         | DA,41+40*I,UX,0     |
| *ENDDO                       | DA,41+40*I,UY,0     |
| LSEL,A,LINE,,83              | DA,40+40*I,UX,0     |
| *DO,I,1,5,1                  | DA,40+40*I,UY,0     |
| LSEL,A,LINE,,83+64*I         | *ENDDO              |
| *ENDDO                       | presion=8e5 !N/m2   |
| LESIZE,ALL,0.1               | ASEL,S,AREA,,1,4    |
| ALLSEL                       | NSLA,S,1            |
| VSWEEP,ALL                   | SF,ALL,PRES,presion |
| ALLSEL                       | ALLSEL              |
| NUMMRG,ALL                   | finish              |
| NUMMRG,ALL                   | !-----              |
| !-----                       | ! Solucionador      |
| ! Cargas                     | !-----              |
| !-----                       | /solu               |
| DA,209,ALL,0                 | !ANTYPE,2           |
| DA,213,ALL,0                 | solve               |
| DA,217,ALL,0                 | finish              |
| DA,221,ALL,0                 |                     |

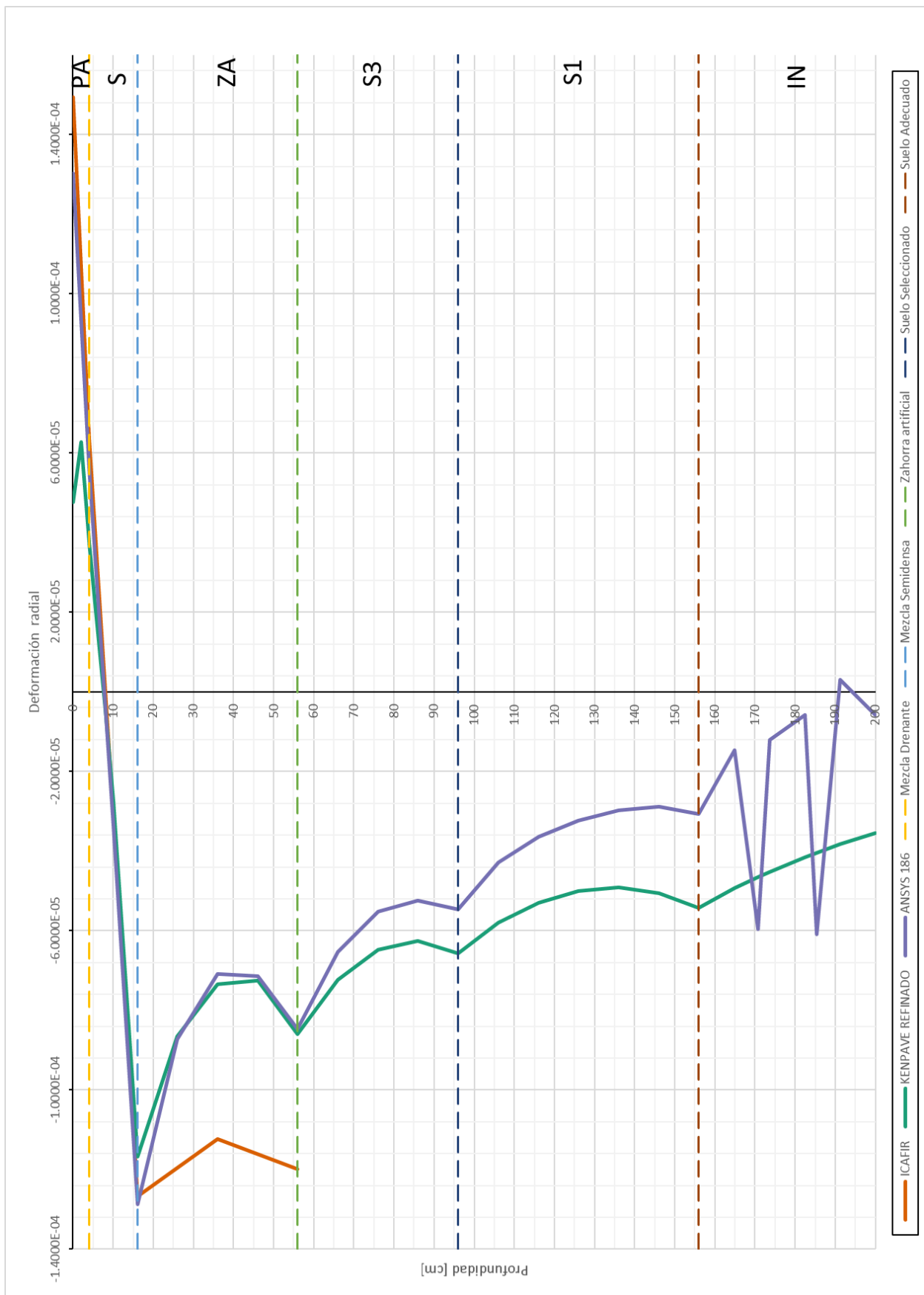
## **8.4 Anejo 4 – Resultados y gráficos de la sección 3121**

### **8.4.1 Gráficos del análisis tenso-deformacional de la sección 3121**









## 8.4.2 Resultados de ICAFIR para la sección 3121



## ICAFIR 2006

Fecha: 30/06/2019

|             |   |
|-------------|---|
| Proyecto:   | SECCIÓN 3121 SOBRE SUELO MARGINAL-SOLUCIÓN 3ª |
| Referencia: |   |
| Autor:      | Manuel Díaz Luque                             |
| Fecha:      | miércoles, 12 de junio de 2019                |
| Itinerario: |   |

## Tramo 0 PK 0+00 al PK 0+50

## Solicitaciones de cálculo

## Tráfico

|                  |           |
|------------------|-----------|
| Categoría:       | T3A       |
| Ejes de cálculo: | 1,000,000 |

## Clima

|                     |     |
|---------------------|-----|
| Zona térmica:       | ZT1 |
| Zona pluviométrica: | ZPS |

Sección de Firme <sup>(1)</sup>

| Sección válida   | Capa               | Espesor |
|--|--------------------|---------|
|  | Mezcla Drenante    | 4 cm    |
|  | Mezcla Semidensa   | 12 cm   |
|  | Zahorra Artificial | 20 cm   |
|  | Zahorra Artificial | 20 cm   |
| $\frac{\text{Ejes mínimos de cálculo } 2,382,970}{\text{Ejes equivalentes } 1,000,000} = 2.38$ |                    |         |


(1) Sección válida. Ejes equivalentes resultantes del cálculo: 2,382,970 &gt; 1,000,000

## Subtramo 0 PK 0+00 al PK 0+50

Sección de Cimiento de Firme <sup>(0)</sup>

| Sección válida | Capa   | Espesor    |
|----------------|--|------------|
| Desmonte       | Suelo Seleccionado Tipo 3                            | 20 cm      |
|                | Suelo Seleccionado Tipo 3                            | 20 cm      |
|                | Suelo Adecuado - CBR 10                              | 30 cm      |
|                | Suelo Adecuado - CBR 10                              | 30 cm      |
|                | Suelo marginal - CBR 3<br>Terreno natural subyacente | Indefinido |

(0) La sección[Tramo 0 · Subtramo 0 · Cimiento de Firme] es válida. Deflexión 115.93 mm/100, módulo de compresibilidad 124.27



**ICAFIR 2006**


Fecha: **30/06/2019**

### Sección de Firme - Contacto adherente

| Capa | Esp. cm  | E/MPa | v    | Lado     | Prof. cm | st (1)         | st (2)         | st (3)         | ev (1)        | ev (2)         | ev (3)         | σt (1) MPa     | σt (2) MPa     | σt (3) MPa     | σv (1) MPa    | σv (2) MPa    | σv (3) MPa     |
|------|----------|-------|------|----------|----------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| 0    | 4.00     | 4000  | 0.35 |          |          |                |                |                |               |                |                |                |                |                |               |               |                |
| 1    | 12.00    | 6000  | 0.33 | Superior | 0.00     | 1.114778E-004  | 1.493634E-004  | 1.465387E-004  | 4.562572E-006 | -1.114727E-005 | -1.040149E-004 | 1.116787E+000  | 1.277561E+000  | 7.200323E-001  | 8.000010E-001 | 8.019739E-001 | -2.234879E-002 |
|      |          |       |      | Inferior | 4.00     | 4.156009E-005  | 6.321970E-005  | 7.186848E-005  | 6.951401E-005 | 5.910843E-005  | -6.416659E-005 | 6.507653E-001  | 7.482261E-001  | 4.168748E-001  | 7.335917E-001 | 7.360446E-001 | 1.380792E-002  |
| 4    | 20.00    | 500   | 0.35 | Superior | 4.00     | 4.156009E-005  | 6.321970E-005  | 7.186848E-005  | 4.158018E-005 | 3.198848E-005  | -5.910814E-005 | 7.335012E-001  | 8.768373E-001  | 6.046799E-001  | 7.335917E-001 | 7.360446E-001 | 1.380792E-002  |
|      |          |       |      | Inferior | 16.00    | -1.016936E-004 | -1.267032E-004 | -1.196565E-004 | 1.152352E-004 | 1.218615E-004  | 7.819467E-005  | -8.447504E-001 | -9.705407E-001 | -7.764534E-001 | 1.338757E-001 | 1.508039E-001 | 1.161081E-001  |
| 3    | 20.00    | 300   | 0.35 | Superior | 16.00    | -1.016936E-004 | -1.267032E-004 | -1.196565E-004 | 2.763460E-004 | 3.026035E-004  | 2.158956E-004  | -6.138633E-003 | -8.198570E-003 | -8.170438E-003 | 1.338757E-001 | 1.508039E-001 | 1.161081E-001  |
|      |          |       |      | Inferior | 36.00    | -7.029186E-005 | -1.123225E-004 | -1.199293E-004 | 1.236005E-004 | 1.693135E-004  | 1.808990E-004  | -3.337246E-002 | -5.125645E-002 | -5.481621E-002 | 3.843951E-002 | 5.305318E-002 | 5.660188E-002  |
| 4    | Infinito | 100   | 0.35 | Superior | 36.00    | -7.029186E-005 | -1.123225E-004 | -1.199293E-004 | 1.555348E-004 | 2.133884E-004  | 2.279218E-004  | -1.174420E-002 | -1.932703E-002 | -2.069858E-002 | 3.843951E-002 | 5.305318E-002 | 5.660188E-002  |
|      |          |       |      | Inferior | 56.00    | -6.867618E-005 | -1.200263E-004 | -1.287066E-004 | 1.079363E-004 | 1.711436E-004  | 1.859056E-004  | -2.288775E-002 | -3.776998E-002 | -4.096321E-002 | 1.635948E-002 | 2.693445E-002 | 2.890613E-002  |
|      |          |       |      | Superior | 56.00    | -6.867618E-005 | -1.200263E-004 | -1.287066E-004 | 1.758911E-004 | 2.830252E-004  | 3.059772E-004  | -1.756617E-003 | -2.921219E-003 | -3.144510E-003 | 1.635948E-002 | 2.693445E-002 | 2.890613E-002  |

(1) Bajo rueda simple. (2) Bajo una de las ruedas gemelas. (3) Bajo el centro de las ruedas gemelas.





ICAFIR 2006

Proyecto: SECCIÓN 3121 SOBRE SUELO MARGINAL -

Itinerario:

Referencia:

Autor: Manuel Díaz Luque

Fecha: 6/12/2019

Firme

|                    |
|--------------------|
| Tramo 0            |
| PK 0+00 al PK 0+50 |

|                            |
|----------------------------|
| Mezcla Drenante / 4 cm     |
| Mezcla Semidensa / 12 cm   |
| Zahorra Artificial / 20 cm |
| Zahorra Artificial / 20 cm |

Cimiento del firme

|   |
|---|
| Tramo 0                                   |
| PK 0+00 al PK 0+50                        |
| Categoría Media. Módulo equivalente > 100 |
| MPa                                       |
| Subtramo 0                                |
| Desmonte                                  |
| PK 0+00 al PK 0+50                        |



|                                     |
|-------------------------------------|
| Suelo Seleccionado Tipo 3 / 20 cm   |
| Suelo Seleccionado Tipo 3 / 20 cm   |
| Suelo Adecuado - CBR 10 / 30 cm     |
| Suelo Adecuado - CBR 10 / 30 cm     |
| Suelo Marginal - CBR 3 / Indefinido |
| Terreno natural subyacente          |

### 8.4.3 Resultados de KENPAVE para la sección 3121

INPUT FILE NAME -C:\Users\Manuel\Desktop\kenpave\3121-MARGINAL-3.DAT

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -3121-MARGINAL-SOLUCIÓN 3

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = 0.001

NUMBER OF LAYERS (NL)----- = 6

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)----- = 19

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80

COMPUTING CODE (NSTD)----- = 9

SYSTEM OF UNITS (NUNIT)----- = 1

Length and displacement in cm, stress and modulus in kPa

unit weight in kN/m<sup>3</sup>, and temperature in C

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4 12 40 40 60

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : 0.35 0.33 0.35 0.35 0.35 0.35

VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 2 4 4.001 8 10 16 16.001

26 36 36.001 46 56 56.001 66 76 86 96 96.001

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE : 1 4.000E+06 2 6.000E+06

3 5.000E+05 4 2.000E+05 5 1.000E+05 6 3.000E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 2 CONTACT AREAS

CONTACT RADIUS (CR)----- = 11.35

CONTACT PRESSURE (CP)----- = 800

NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 9

WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)----- = 0

WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)----- = 37.5

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE: 1 0.000 0.000 2 37.500 0.000  
 3 75.000 0.000 4 0.000 9.375 5 37.500 9.375 6 75.000 9.375  
 7 0.000 18.750 8 37.500 18.750 9 75.000 18.750

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

| POINT NO. | VERTICAL DISPL. | VERTICAL COORDINATE | VERTICAL P. STRAIN | MAJOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN) | MINOR PRINCIPAL STRESS (STRAIN) | INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS (STRAIN) |
|-----------|-----------------|---------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|
| 1         | 0.00000         | 0.04725             | 800.000            | 353.787                         | 102.485                         | 350.174                                |
|           | (STRAIN)        | 4.762E-05           | -3.598E-05         | 4.884E-05                       | -3.598E-05                      | 4.762E-05                              |
| 1         | 2.00000         | 0.05229             | 785.219            | 953.537                         | 783.234                         | 861.756                                |
|           | (STRAIN)        | 6.280E-05           | 3.764E-05          | 9.445E-05                       | 3.697E-05                       | 6.347E-05                              |
| 1         | 4.00000         | 0.05219             | 737.247            | 743.126                         | 655.279                         | 724.768                                |
|           | (STRAIN)        | 3.738E-05           | 6.304E-05          | 6.503E-05                       | 3.538E-05                       | 5.883E-05                              |
| 1         | 4.00100         | 0.05219             | 737.213            | 842.031                         | 718.876                         | 763.666                                |
|           | (STRAIN)        | 3.736E-05           | 3.556E-05          | 5.880E-05                       | 3.150E-05                       | 4.143E-05                              |
| 1         | 8.00000         | 0.05197             | 536.944            | 541.587                         | 221.361                         | 232.209                                |
|           | (STRAIN)        | -4.636E-06          | 6.429E-05          | 6.532E-05                       | -5.665E-06                      | -3.261E-06                             |
| 1         | 10.00000        | 0.05184             | 412.941            | 416.902                         | -26.193                         | 6.564                                  |
|           | (STRAIN)        | -2.766E-05          | 6.969E-05          | 7.056E-05                       | -2.766E-05                      | -2.039E-05                             |
| 1         | 16.00000        | 0.05133             | 160.088            | 160.614                         | -881.577                        | -707.952                               |
|           | (STRAIN)        | -1.168E-04          | 1.141E-04          | 1.142E-04                       | -1.168E-04                      | -7.834E-05                             |
| 1         | 16.00100        | 0.05133             | 160.081            | 163.231                         | 4.032                           | 15.179                                 |
|           | (STRAIN)        | -1.168E-04          | 3.045E-04          | 3.130E-04                       | -1.168E-04                      | -8.673E-05                             |
| 1         | 26.00000        | 0.04889             | 97.472             | 101.742                         | -7.896                          | -0.547                                 |
|           | (STRAIN)        | -8.663E-05          | 1.979E-04          | 2.094E-04                       | -8.663E-05                      | -6.679E-05                             |
| 1         | 36.00000        | 0.04720             | 63.629             | 67.486                          | -17.793                         | -13.230                                |
|           | (STRAIN)        | -7.357E-05          | 1.463E-04          | 1.567E-04                       | -7.357E-05                      | -6.124E-05                             |
| 1         | 36.00100        | 0.04720             | 63.627             | 67.483                          | -17.794                         | -13.231                                |
|           | (STRAIN)        | -7.357E-05          | 1.463E-04          | 1.567E-04                       | -7.357E-05                      | -6.124E-05                             |
| 1         | 46.00000        | 0.04588             | 42.312             | 44.746                          | -29.500                         | -25.385                                |
|           | (STRAIN)        | -7.255E-05          | 1.213E-04          | 1.279E-04                       | -7.255E-05                      | -6.144E-05                             |
| 1         | 56.00000        | 0.04469             | 29.530             | 30.238                          | -46.492                         | -40.227                                |
|           | (STRAIN)        | -8.599E-05          | 1.193E-04          | 1.212E-04                       | -8.599E-05                      | -6.908E-05                             |
| 1         | 56.00100        | 0.04469             | 29.529             | 30.859                          | -9.056                          | -7.597                                 |

```

        (STRAIN) -8.599E-05 1.745E-04 1.834E-04 -8.599E-05 -7.614E-05
1  66.00000  0.04313  22.347  23.299  -9.237  -8.310
        (STRAIN) -7.242E-05 1.408E-04 1.472E-04 -7.242E-05 -6.616E-05
1  76.00000  0.04184  16.999  17.646  -10.090  -9.399
        (STRAIN) -6.488E-05 1.180E-04 1.223E-04 -6.488E-05 -6.022E-05
1  86.00000  0.04074  13.038  13.422  -11.665  -10.992
        (STRAIN) -6.257E-05 1.042E-04 1.068E-04 -6.257E-05 -5.804E-05
1  96.00000  0.03973  10.305  10.463  -14.153  -13.299
        (STRAIN) -6.580E-05 9.929E-05 1.004E-04 -6.580E-05 -6.004E-05
1  96.00100  0.03973  10.304  10.565  -4.302  -4.057
        (STRAIN) -6.580E-05 1.314E-04 1.349E-04 -6.580E-05 -6.249E-05

2  0.00000  0.04069  0.000  128.959  24.077  124.680
        (STRAIN) 1.752E-05 -1.617E-05 1.922E-05 -1.617E-05 1.778E-05
2  2.00000  0.04356  0.942  162.551  -3.682  50.371
        (STRAIN) -1.147E-05 -1.799E-05 3.655E-05 -1.955E-05 -1.308E-06
2  4.00000  0.04360  3.168  131.618  -9.118  63.419
        (STRAIN) -5.129E-06 -1.520E-05 2.815E-05 -1.935E-05 5.136E-06
2  4.00100  0.04360  3.169  193.180  -6.413  80.483
        (STRAIN) -5.125E-06 -1.400E-05 2.812E-05 -1.612E-05 3.142E-06
2  8.00000  0.04364  11.161  113.827  -12.212  98.556
        (STRAIN) 7.056E-06 -8.535E-06 1.422E-05 -1.372E-05 1.084E-05
2  10.00000  0.04366  15.773  120.791  -9.801  54.563
        (STRAIN) 1.876E-06 -5.609E-06 1.767E-05 -1.128E-05 2.989E-06
2  16.00000  0.04367  24.532  133.966  -81.270  14.783
        (STRAIN) -2.988E-05 1.727E-06 2.598E-05 -2.173E-05 -4.344E-07
2  16.00100  0.04367  24.530  56.191  -9.224  5.596
        (STRAIN) -2.989E-05 2.944E-05 1.149E-04 -6.170E-05 -2.168E-05
2  26.00000  0.04330  25.036  51.525  -14.504  -2.819
        (STRAIN) -4.091E-05 4.365E-05 1.152E-04 -6.310E-05 -3.155E-05
2  36.00000  0.04281  23.327  42.478  -18.552  -11.082
        (STRAIN) -4.814E-05 5.399E-05 1.057E-04 -5.908E-05 -3.891E-05
2  36.00100  0.04281  23.326  42.477  -18.553  -11.083
        (STRAIN) -4.814E-05 5.399E-05 1.057E-04 -5.908E-05 -3.891E-05
2  46.00000  0.04223  20.387  31.811  -21.739  -19.775
        (STRAIN) -5.643E-05 6.184E-05 9.268E-05 -5.190E-05 -4.660E-05
2  56.00000  0.04157  17.334  21.300  -30.729  -23.396
        (STRAIN) -7.038E-05 6.978E-05 8.049E-05 -5.999E-05 -4.019E-05

```

|   |          |            |            |           |            |            |
|---|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| 2 | 56.00100 | 0.04157    | 17.333     | 23.603    | -8.510     | -6.623     |
|   | (STRAIN) | -7.038E-05 | 1.022E-04  | 1.445E-04 | -7.226E-05 | -5.953E-05 |
| 2 | 66.00000 | 0.04059    | 14.523     | 18.919    | -8.686     | -7.382     |
|   | (STRAIN) | -6.299E-05 | 9.304E-05  | 1.227E-04 | -6.362E-05 | -5.482E-05 |
| 2 | 76.00000 | 0.03970    | 11.992     | 14.953    | -9.155     | -8.451     |
|   | (STRAIN) | -5.888E-05 | 8.559E-05  | 1.056E-04 | -5.716E-05 | -5.240E-05 |
| 2 | 86.00000 | 0.03887    | 9.863      | 11.643    | -10.102    | -9.743     |
|   | (STRAIN) | -5.834E-05 | 8.093E-05  | 9.294E-05 | -5.384E-05 | -5.141E-05 |
| 2 | 96.00000 | 0.03807    | 8.225      | 9.009     | -12.068    | -10.921    |
|   | (STRAIN) | -6.197E-05 | 7.999E-05  | 8.528E-05 | -5.700E-05 | -4.925E-05 |
| 2 | 96.00100 | 0.03807    | 8.225      | 9.446     | -4.104     | -3.790     |
|   | (STRAIN) | -6.197E-05 | 1.056E-04  | 1.221E-04 | -6.083E-05 | -5.660E-05 |
| 3 | 0.00000  | 0.03402    | 0.000      | 55.411    | 7.247      | 52.911     |
|   | (STRAIN) | 7.647E-06  | -7.666E-06 | 8.589E-06 | -7.666E-06 | 7.745E-06  |
| 3 | 2.00000  | 0.03696    | 0.202      | 75.711    | -0.573     | 3.801      |
|   | (STRAIN) | -8.643E-06 | -6.839E-06 | 1.865E-05 | -7.101E-06 | -5.624E-06 |
| 3 | 4.00000  | 0.03697    | 0.188      | 65.005    | -0.686     | 12.088     |
|   | (STRAIN) | -4.989E-06 | -6.622E-06 | 1.525E-05 | -6.917E-06 | -2.606E-06 |
| 3 | 4.00100  | 0.03697    | 0.188      | 96.344    | -0.507     | 15.155     |
|   | (STRAIN) | -4.987E-06 | -6.063E-06 | 1.525E-05 | -6.217E-06 | -2.745E-06 |
| 3 | 8.00000  | 0.03699    | 0.677      | 64.078    | -0.756     | 40.517     |
|   | (STRAIN) | 2.224E-06  | -5.561E-06 | 8.493E-06 | -5.879E-06 | 3.270E-06  |
| 3 | 10.00000 | 0.03700    | 0.996      | 52.966    | -0.759     | 47.926     |
|   | (STRAIN) | 5.106E-06  | -5.287E-06 | 6.233E-06 | -5.676E-06 | 5.116E-06  |
| 3 | 16.00000 | 0.03703    | 1.902      | 89.293    | -0.634     | 0.296      |
|   | (STRAIN) | -6.779E-06 | -4.471E-06 | 1.490E-05 | -5.033E-06 | -4.827E-06 |
| 3 | 16.00100 | 0.03703    | 1.901      | 20.182    | -10.047    | 1.131      |
|   | (STRAIN) | -6.780E-06 | -2.752E-06 | 4.661E-05 | -3.501E-05 | -4.833E-06 |
| 3 | 26.00000 | 0.03703    | 3.199      | 20.530    | -10.896    | -2.986     |
|   | (STRAIN) | -1.552E-05 | 3.983E-06  | 5.078E-05 | -3.407E-05 | -1.272E-05 |
| 3 | 36.00000 | 0.03695    | 4.500      | 19.258    | -11.155    | -7.271     |
|   | (STRAIN) | -2.369E-05 | 1.157E-05  | 5.141E-05 | -3.070E-05 | -2.022E-05 |
| 3 | 36.00100 | 0.03695    | 4.500      | 19.258    | -11.155    | -7.272     |
|   | (STRAIN) | -2.369E-05 | 1.157E-05  | 5.141E-05 | -3.070E-05 | -2.022E-05 |
| 3 | 46.00000 | 0.03680    | 5.503      | 16.587    | -11.816    | -10.383    |
|   | (STRAIN) | -3.216E-05 | 1.879E-05  | 4.871E-05 | -2.798E-05 | -2.411E-05 |
| 3 | 56.00000 | 0.03658    | 5.913      | 12.826    | -16.690    | -8.179     |

```

      (STRAIN) -4.189E-05  2.440E-05  4.306E-05 -3.663E-05 -1.365E-05
3  56.00100  0.03658   5.914   13.783   -6.467   -4.764
      (STRAIN) -4.189E-05  3.545E-05  8.857E-05 -4.812E-05 -3.663E-05
3  66.00000  0.03620   5.814   11.986   -6.543   -5.484
      (STRAIN) -4.147E-05  3.931E-05  8.098E-05 -4.409E-05 -3.695E-05
3  76.00000  0.03580   5.553   10.143   -6.581   -6.353
      (STRAIN) -4.203E-05  4.237E-05  7.335E-05 -3.954E-05 -3.800E-05
3  86.00000  0.03536   5.200   8.310   -7.426   -6.523
      (STRAIN) -4.398E-05  4.497E-05  6.596E-05 -4.026E-05 -3.416E-05
3  96.00000  0.03490   4.798   6.542   -8.714   -6.360
      (STRAIN) -4.774E-05  4.731E-05  5.909E-05 -4.389E-05 -2.800E-05
3  96.00100  0.03490   4.798   7.174   -3.394   -3.064
      (STRAIN) -4.774E-05  6.226E-05  9.435E-05 -4.833E-05 -4.387E-05

4  0.00000  0.04854  800.000  388.442  111.631  379.784
      (STRAIN) 5.119E-05 -3.931E-05  5.411E-05 -3.931E-05  5.119E-05
4  2.00000  0.05265  714.688  843.705  558.575  814.322
      (STRAIN) 2.819E-05  4.725E-05  9.080E-05 -5.434E-06  8.088E-05
4  4.00000  0.05256  570.476  760.010  339.910  616.285
      (STRAIN) 2.852E-05  4.237E-05  1.063E-04 -3.545E-05  5.783E-05
4  4.00100  0.05256  570.409  795.542  376.271  733.556
      (STRAIN) 2.852E-05  2.165E-05  7.155E-05 -2.139E-05  5.781E-05
4  8.00000  0.05244  361.071  507.210  94.168  193.016
      (STRAIN) -9.065E-07  3.635E-05  6.874E-05 -2.282E-05 -9.065E-07
4  10.00000  0.05236  284.163  376.390  -37.866  -24.178
      (STRAIN) -2.568E-05  4.570E-05  6.614E-05 -2.568E-05 -2.265E-05
4  16.00000  0.05196  146.906  146.963  -800.759  -466.113
      (STRAIN) -1.159E-04  9.416E-05  9.417E-05 -1.159E-04 -4.173E-05
4  16.00100  0.05196  146.898  147.205   4.739  31.910
      (STRAIN) -1.159E-04  2.679E-04  2.688E-04 -1.159E-04 -4.254E-05
4  26.00000  0.04965  99.812  100.270  -8.006   6.710
      (STRAIN) -9.090E-05  2.002E-04  2.014E-04 -9.090E-05 -5.117E-05
4  36.00000  0.04788  67.790  68.610  -18.497  -10.616
      (STRAIN) -7.759E-05  1.554E-04  1.576E-04 -7.759E-05 -5.631E-05
4  36.00100  0.04788  67.787  68.607  -18.498  -10.617
      (STRAIN) -7.759E-05  1.554E-04  1.576E-04 -7.759E-05 -5.631E-05
4  46.00000  0.04647  45.425  46.018  -30.818  -25.656
      (STRAIN) -7.589E-05  1.300E-04  1.316E-04 -7.589E-05 -6.195E-05

```

|   |          |            |            |           |            |            |
|---|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| 4 | 56.00000 | 0.04521    | 31.573     | 31.750    | -48.839    | -43.292    |
|   | (STRAIN) | -8.960E-05 | 1.275E-04  | 1.280E-04 | -8.960E-05 | -7.462E-05 |
| 4 | 56.00100 | 0.04521    | 31.572     | 31.913    | -9.335     | -7.386     |
|   | (STRAIN) | -8.960E-05 | 1.865E-04  | 1.888E-04 | -8.960E-05 | -7.644E-05 |
| 4 | 66.00000 | 0.04354    | 23.732     | 23.979    | -9.472     | -8.264     |
|   | (STRAIN) | -7.486E-05 | 1.493E-04  | 1.509E-04 | -7.486E-05 | -6.671E-05 |
| 4 | 76.00000 | 0.04218    | 17.914     | 18.083    | -10.321    | -9.500     |
|   | (STRAIN) | -6.662E-05 | 1.240E-04  | 1.251E-04 | -6.662E-05 | -6.109E-05 |
| 4 | 86.00000 | 0.04103    | 13.630     | 13.730    | -11.932    | -11.278    |
|   | (STRAIN) | -6.395E-05 | 1.086E-04  | 1.093E-04 | -6.395E-05 | -5.954E-05 |
| 4 | 96.00000 | 0.03998    | 10.699     | 10.740    | -14.510    | -13.838    |
|   | (STRAIN) | -6.713E-05 | 1.030E-04  | 1.033E-04 | -6.713E-05 | -6.259E-05 |
| 4 | 96.00100 | 0.03998    | 10.699     | 10.766    | -4.374     | -4.086     |
|   | (STRAIN) | -6.713E-05 | 1.364E-04  | 1.373E-04 | -6.713E-05 | -6.323E-05 |
| 5 | 0.00000  | 0.04122    | 0.000      | 134.615   | 25.382     | 130.690    |
|   | (STRAIN) | 1.862E-05  | -1.687E-05 | 2.000E-05 | -1.687E-05 | 1.867E-05  |
| 5 | 2.00000  | 0.04410    | 0.895      | 163.448   | -3.340     | 59.297     |
|   | (STRAIN) | -2.935E-06 | -1.890E-05 | 3.597E-05 | -2.033E-05 | 8.148E-07  |
| 5 | 4.00000  | 0.04414    | 3.456      | 132.867   | -8.470     | 70.262     |
|   | (STRAIN) | 9.533E-07  | -1.587E-05 | 2.781E-05 | -1.989E-05 | 6.681E-06  |
| 5 | 4.00100  | 0.04414    | 3.458      | 194.772   | -5.692     | 90.592     |
|   | (STRAIN) | 9.555E-07  | -1.462E-05 | 2.779E-05 | -1.664E-05 | 4.699E-06  |
| 5 | 8.00000  | 0.04418    | 12.154     | 117.510   | -11.898    | 102.749    |
|   | (STRAIN) | 8.352E-06  | -8.766E-06 | 1.459E-05 | -1.410E-05 | 1.132E-05  |
| 5 | 10.00000 | 0.04420    | 17.181     | 123.139   | -9.776     | 58.184     |
|   | (STRAIN) | 3.278E-06  | -5.627E-06 | 1.786E-05 | -1.160E-05 | 3.462E-06  |
| 5 | 16.00000 | 0.04421    | 26.583     | 126.997   | -75.511    | 15.468     |
|   | (STRAIN) | -2.228E-05 | 2.210E-06  | 2.447E-05 | -2.042E-05 | -2.538E-07 |
| 5 | 16.00100 | 0.04421    | 26.588     | 58.162    | -8.806     | 7.074      |
|   | (STRAIN) | -2.228E-05 | 3.229E-05  | 1.175E-04 | -6.328E-05 | -2.040E-05 |
| 5 | 26.00000 | 0.04381    | 27.069     | 53.438    | -14.592    | -1.975     |
|   | (STRAIN) | -3.386E-05 | 4.728E-05  | 1.185E-04 | -6.521E-05 | -3.114E-05 |
| 5 | 36.00000 | 0.04328    | 25.125     | 44.005    | -19.065    | -10.877    |
|   | (STRAIN) | -4.228E-05 | 5.799E-05  | 1.090E-04 | -6.132E-05 | -3.921E-05 |
| 5 | 36.00100 | 0.04328    | 25.125     | 44.003    | -19.065    | -10.878    |
|   | (STRAIN) | -4.228E-05 | 5.799E-05  | 1.090E-04 | -6.132E-05 | -3.921E-05 |
| 5 | 46.00000 | 0.04265    | 21.804     | 32.874    | -22.612    | -20.289    |

```

      (STRAIN) -5.123E-05  6.589E-05  9.578E-05 -5.403E-05 -4.776E-05
5  56.00000  0.04196  18.399  22.067  -31.501  -25.331
      (STRAIN) -6.453E-05  7.401E-05  8.392E-05 -6.072E-05 -4.406E-05
5  56.00100  0.04196  18.398  24.329  -8.679  -6.629
      (STRAIN) -6.453E-05  1.084E-04  1.484E-04 -7.437E-05 -6.053E-05
5  66.00000  0.04093  15.314  19.422  -8.852  -7.440
      (STRAIN) -5.876E-05  9.789E-05  1.256E-04 -6.523E-05 -5.570E-05
5  76.00000  0.03999  12.558  15.296  -9.345  -8.566
      (STRAIN) -5.568E-05  8.934E-05  1.078E-04 -5.850E-05 -5.324E-05
5  86.00000  0.03913  10.259  11.886  -10.238  -10.042
      (STRAIN) -5.568E-05  8.394E-05  9.492E-05 -5.442E-05 -5.309E-05
5  96.00000  0.03830  8.507  9.208  -12.252  -11.375
      (STRAIN) -5.936E-05  8.265E-05  8.739E-05 -5.747E-05 -5.155E-05
5  96.00100  0.03830  8.506  9.608  -4.160  -3.825
      (STRAIN) -5.936E-05  1.092E-04  1.240E-04 -6.184E-05 -5.732E-05

6  0.00000  0.03426  0.000  56.845  7.494  54.315
      (STRAIN) 7.921E-06 -7.853E-06  8.803E-06 -7.853E-06  7.949E-06
6  2.00000  0.03718  0.465  77.055  -0.397  3.962
      (STRAIN) -6.805E-06 -6.898E-06  1.895E-05 -7.188E-06 -5.717E-06
6  4.00000  0.03720  0.235  66.100  -0.677  12.502
      (STRAIN) -3.510E-06 -6.739E-06  1.549E-05 -7.047E-06 -2.599E-06
6  4.00100  0.03720  0.235  97.948  -0.489  15.693
      (STRAIN) -3.508E-06 -6.171E-06  1.549E-05 -6.332E-06 -2.745E-06
6  8.00000  0.03722  0.737  65.003  -0.754  41.695
      (STRAIN) 2.872E-06 -5.664E-06  8.582E-06 -5.994E-06  3.416E-06
6  10.00000  0.03723  1.086  54.359  -0.735  48.587
      (STRAIN) 5.146E-06 -5.381E-06  6.428E-06 -5.785E-06  5.149E-06
6  16.00000  0.03726  2.056  91.524  -0.538  -0.114
      (STRAIN) -5.586E-06 -4.542E-06  1.529E-05 -5.117E-06 -5.023E-06
6  16.00100  0.03726  2.056  20.771  -10.224  1.177
      (STRAIN) -5.587E-06 -2.656E-06  4.787E-05 -3.581E-05 -5.029E-06
6  26.00000  0.03725  3.392  21.125  -11.142  -3.017
      (STRAIN) -1.383E-05  4.282E-06  5.216E-05 -3.496E-05 -1.302E-05
6  36.00000  0.03717  4.733  19.776  -11.451  -7.395
      (STRAIN) -2.163E-05  1.213E-05  5.274E-05 -3.157E-05 -2.062E-05
6  36.00100  0.03717  4.733  19.776  -11.451  -7.396
      (STRAIN) -2.163E-05  1.213E-05  5.274E-05 -3.157E-05 -2.062E-05

```



|   |          |            |            |           |            |            |
|---|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| 6 | 46.00000 | 0.03701    | 5.756      | 16.973    | -12.041    | -10.712    |
|   | (STRAIN) | -2.968E-05 | 1.959E-05  | 4.987E-05 | -2.846E-05 | -2.488E-05 |
| 6 | 56.00000 | 0.03679    | 6.159      | 13.041    | -17.037    | -8.488     |
|   | (STRAIN) | -3.880E-05 | 2.537E-05  | 4.395E-05 | -3.726E-05 | -1.418E-05 |
| 6 | 56.00100 | 0.03679    | 6.159      | 14.076    | -6.571     | -4.825     |
|   | (STRAIN) | -3.880E-05 | 3.688E-05  | 9.032E-05 | -4.905E-05 | -3.726E-05 |
| 6 | 66.00000 | 0.03640    | 6.029      | 12.217    | -6.652     | -5.553     |
|   | (STRAIN) | -3.883E-05 | 4.068E-05  | 8.245E-05 | -4.492E-05 | -3.750E-05 |
| 6 | 76.00000 | 0.03598    | 5.735      | 10.318    | -6.697     | -6.439     |
|   | (STRAIN) | -3.971E-05 | 4.364E-05  | 7.458E-05 | -4.028E-05 | -3.853E-05 |
| 6 | 86.00000 | 0.03553    | 5.349      | 8.437     | -7.522     | -6.665     |
|   | (STRAIN) | -4.180E-05 | 4.617E-05  | 6.701E-05 | -4.071E-05 | -3.493E-05 |
| 6 | 96.00000 | 0.03505    | 4.918      | 6.633     | -8.837     | -6.528     |
|   | (STRAIN) | -4.550E-05 | 4.848E-05  | 6.005E-05 | -4.437E-05 | -2.878E-05 |
| 6 | 96.00100 | 0.03505    | 4.918      | 7.268     | -3.434     | -3.094     |
|   | (STRAIN) | -4.550E-05 | 6.380E-05  | 9.553E-05 | -4.895E-05 | -4.436E-05 |
| 7 | 0.00000  | 0.04612    | 0.000      | 255.904   | 60.977     | 250.985    |
|   | (STRAIN) | 3.502E-05  | -2.911E-05 | 3.668E-05 | -2.911E-05 | 3.502E-05  |
| 7 | 2.00000  | 0.05154    | 0.858      | 528.038   | 0.858      | 377.471    |
|   | (STRAIN) | 4.809E-05  | -7.902E-05 | 9.891E-05 | -7.902E-05 | 4.809E-05  |
| 7 | 4.00000  | 0.05168    | 14.974     | 390.542   | 14.974     | 333.318    |
|   | (STRAIN) | 4.785E-05  | -5.959E-05 | 6.716E-05 | -5.959E-05 | 4.785E-05  |
| 7 | 4.00100  | 0.05168    | 14.985     | 565.788   | 14.985     | 478.741    |
|   | (STRAIN) | 4.785E-05  | -5.495E-05 | 6.714E-05 | -5.495E-05 | 4.785E-05  |
| 7 | 8.00000  | 0.05182    | 71.604     | 279.191   | 71.604     | 159.230    |
|   | (STRAIN) | 7.245E-06  | -1.218E-05 | 3.384E-05 | -1.218E-05 | 7.245E-06  |
| 7 | 10.00000 | 0.05182    | 96.264     | 142.214   | -38.349    | 96.264     |
|   | (STRAIN) | -1.951E-05 | 1.033E-05  | 2.052E-05 | -1.951E-05 | 1.033E-05  |
| 7 | 16.00000 | 0.05157    | 126.797    | 126.797   | -680.637   | -202.954   |
|   | (STRAIN) | -1.093E-04 | 6.973E-05  | 6.973E-05 | -1.093E-04 | -3.365E-06 |
| 7 | 16.00100 | 0.05157    | 126.795    | 126.795   | 5.351      | 44.565     |
|   | (STRAIN) | -1.092E-04 | 2.186E-04  | 2.186E-04 | -1.092E-04 | -3.371E-06 |
| 7 | 26.00000 | 0.04948    | 97.370     | 97.370    | -7.983     | 10.223     |
|   | (STRAIN) | -9.128E-05 | 1.932E-04  | 1.932E-04 | -9.128E-05 | -4.212E-05 |
| 7 | 36.00000 | 0.04774    | 68.510     | 68.510    | -18.793    | -9.544     |
|   | (STRAIN) | -7.886E-05 | 1.569E-04  | 1.569E-04 | -7.886E-05 | -5.389E-05 |
| 7 | 36.00100 | 0.04774    | 68.507     | 68.507    | -18.794    | -9.546     |

```

      (STRAIN) -7.886E-05  1.569E-04  1.569E-04 -7.886E-05 -5.389E-05
7  46.00000  0.04631  46.355  46.355 -31.391 -25.803
      (STRAIN) -7.717E-05  1.327E-04  1.327E-04 -7.717E-05 -6.208E-05
7  56.00000  0.04501  32.268  32.268 -49.804 -44.472
      (STRAIN) -9.106E-05  1.305E-04  1.305E-04 -9.106E-05 -7.667E-05
7  56.00100  0.04501  32.267  32.267 -9.497 -7.364
      (STRAIN) -9.106E-05  1.908E-04  1.908E-04 -9.106E-05 -7.667E-05
7  66.00000  0.04331  24.219  24.219 -9.641 -8.330
      (STRAIN) -7.601E-05  1.525E-04  1.525E-04 -7.601E-05 -6.716E-05
7  76.00000  0.04192  18.243  18.243 -10.509 -9.642
      (STRAIN) -6.760E-05  1.265E-04  1.265E-04 -6.760E-05 -6.174E-05
7  86.00000  0.04074  13.848  13.848 -12.154 -11.505
      (STRAIN) -6.487E-05  1.106E-04  1.106E-04 -6.487E-05 -6.049E-05
7  96.00000  0.03967  10.849  10.849 -14.783 -14.175
      (STRAIN) -6.809E-05  1.049E-04  1.049E-04 -6.809E-05 -6.399E-05
7  96.00100  0.03967  10.849  10.849 -4.471 -4.167
      (STRAIN) -6.809E-05  1.387E-04  1.387E-04 -6.809E-05 -6.399E-05

8  0.00000  0.04140  0.000  136.095  25.687  132.364
      (STRAIN) 1.894E-05 -1.707E-05  2.019E-05 -1.707E-05  1.894E-05
8  2.00000  0.04428  0.969  162.588  -3.024  62.171
      (STRAIN) 2.330E-07 -1.907E-05  3.547E-05 -2.042E-05  1.581E-06
8  4.00000  0.04431  3.529  132.474  -8.005  72.302
      (STRAIN) 3.292E-06 -1.603E-05  2.749E-05 -1.992E-05  7.185E-06
8  4.00100  0.04431  3.530  194.145  -5.263  93.788
      (STRAIN) 3.294E-06 -1.476E-05  2.749E-05 -1.671E-05  5.243E-06
8  8.00000  0.04436  12.396  117.538  -11.375  104.679
      (STRAIN) 9.189E-06 -8.848E-06  1.446E-05 -1.412E-05  1.161E-05
8  10.00000  0.04438  17.560  123.042  -9.317  60.032
      (STRAIN) 3.750E-06 -5.664E-06  1.772E-05 -1.162E-05  3.750E-06
8  16.00000  0.04439  27.128  124.182  -71.095  15.513
      (STRAIN) -1.953E-05  2.241E-06  2.375E-05 -1.953E-05 -3.343E-07
8  16.00100  0.04438  27.074  58.577  -8.690  7.707
      (STRAIN) -1.951E-05  3.278E-05  1.178E-04 -6.378E-05 -1.951E-05
8  26.00000  0.04398  27.671  53.961  -14.623  -1.606
      (STRAIN) -3.075E-05  4.830E-05  1.193E-04 -6.589E-05 -3.075E-05
8  36.00000  0.04343  25.702  44.472  -19.240  -10.766
      (STRAIN) -3.919E-05  5.927E-05  1.099E-04 -6.207E-05 -3.919E-05

```

|   |          |            |            |           |            |            |
|---|----------|------------|------------|-----------|------------|------------|
| 8 | 36.00100 | 0.04343    | 25.701     | 44.471    | -19.241    | -10.767    |
|   | (STRAIN) | -3.919E-05 | 5.927E-05  | 1.099E-04 | -6.207E-05 | -3.919E-05 |
| 8 | 46.00000 | 0.04280    | 22.280     | 33.220    | -22.913    | -20.449    |
|   | (STRAIN) | -4.811E-05 | 6.725E-05  | 9.679E-05 | -5.477E-05 | -4.811E-05 |
| 8 | 56.00000 | 0.04209    | 18.764     | 22.330    | -31.715    | -26.041    |
|   | (STRAIN) | -6.083E-05 | 7.546E-05  | 8.509E-05 | -6.083E-05 | -4.551E-05 |
| 8 | 56.00100 | 0.04209    | 18.763     | 24.573    | -8.738     | -6.624     |
|   | (STRAIN) | -6.083E-05 | 1.105E-04  | 1.497E-04 | -7.510E-05 | -6.083E-05 |
| 8 | 66.00000 | 0.04104    | 15.587     | 19.592    | -8.909     | -7.457     |
|   | (STRAIN) | -5.598E-05 | 9.957E-05  | 1.266E-04 | -6.578E-05 | -5.598E-05 |
| 8 | 76.00000 | 0.04009    | 12.754     | 15.412    | -9.410     | -8.603     |
|   | (STRAIN) | -5.352E-05 | 9.064E-05  | 1.086E-04 | -5.896E-05 | -5.352E-05 |
| 8 | 86.00000 | 0.03922    | 10.395     | 11.968    | -10.258    | -10.171    |
|   | (STRAIN) | -5.385E-05 | 8.497E-05  | 9.559E-05 | -5.443E-05 | -5.385E-05 |
| 8 | 96.00000 | 0.03838    | 8.603      | 9.276     | -12.304    | -11.542    |
|   | (STRAIN) | -5.755E-05 | 8.357E-05  | 8.811E-05 | -5.755E-05 | -5.241E-05 |
| 8 | 96.00100 | 0.03838    | 8.603      | 9.663     | -4.179     | -3.836     |
|   | (STRAIN) | -5.755E-05 | 1.104E-04  | 1.247E-04 | -6.218E-05 | -5.755E-05 |
| 9 | 0.00000  | 0.03434    | 0.000      | 57.335    | 7.578      | 54.796     |
|   | (STRAIN) | 8.019E-06  | -7.917E-06 | 8.876E-06 | -7.917E-06 | 8.019E-06  |
| 9 | 2.00000  | 0.03726    | 0.573      | 77.503    | -0.321     | 4.020      |
|   | (STRAIN) | -6.050E-06 | -6.912E-06 | 1.905E-05 | -7.213E-06 | -5.748E-06 |
| 9 | 4.00000  | 0.03727    | 0.252      | 66.465    | -0.673     | 12.650     |
|   | (STRAIN) | -2.907E-06 | -6.779E-06 | 1.557E-05 | -7.091E-06 | -2.594E-06 |
| 9 | 4.00100  | 0.03727    | 0.252      | 98.482    | -0.482     | 15.886     |
|   | (STRAIN) | -2.905E-06 | -6.208E-06 | 1.557E-05 | -6.371E-06 | -2.742E-06 |
| 9 | 8.00000  | 0.03730    | 0.752      | 65.316    | -0.759     | 42.105     |
|   | (STRAIN) | 3.132E-06  | -5.700E-06 | 8.612E-06 | -6.035E-06 | 3.467E-06  |
| 9 | 10.00000 | 0.03731    | 1.115      | 54.834    | -0.729     | 48.817     |
|   | (STRAIN) | 5.160E-06  | -5.414E-06 | 6.494E-06 | -5.822E-06 | 5.160E-06  |
| 9 | 16.00000 | 0.03734    | 2.107      | 92.289    | -0.485     | -0.250     |
|   | (STRAIN) | -5.091E-06 | -4.568E-06 | 1.542E-05 | -5.143E-06 | -5.091E-06 |
| 9 | 16.00100 | 0.03734    | 2.108      | 20.973    | -10.286    | 1.195      |
|   | (STRAIN) | -5.092E-06 | -2.627E-06 | 4.831E-05 | -3.609E-05 | -5.092E-06 |
| 9 | 26.00000 | 0.03733    | 3.459      | 21.327    | -11.225    | -3.026     |
|   | (STRAIN) | -1.312E-05 | 4.386E-06  | 5.263E-05 | -3.526E-05 | -1.312E-05 |
| 9 | 36.00000 | 0.03725    | 4.811      | 19.951    | -11.552    | -7.436     |

```

      (STRAIN) -2.075E-05  1.232E-05  5.319E-05 -3.186E-05 -2.075E-05
9  36.00100  0.03725   4.812   19.951  -11.552   -7.436
      (STRAIN) -2.075E-05  1.232E-05  5.319E-05 -3.186E-05 -2.075E-05
9  46.00000  0.03709   5.843   17.105  -12.115  -10.826
      (STRAIN) -2.863E-05  1.986E-05  5.027E-05 -2.863E-05 -2.514E-05
9  56.00000  0.03686   6.243   13.114  -17.154   -8.595
      (STRAIN) -3.747E-05  2.570E-05  4.425E-05 -3.747E-05 -1.436E-05
9  56.00100  0.03686   6.244   14.177   -6.606   -4.845
      (STRAIN) -3.747E-05  3.737E-05  9.092E-05 -4.936E-05 -3.747E-05
9  66.00000  0.03646   6.104   12.296   -6.689   -5.576
      (STRAIN) -3.769E-05  4.115E-05  8.294E-05 -4.521E-05 -3.769E-05
9  76.00000  0.03604   5.797   10.377   -6.737   -6.468
      (STRAIN) -3.871E-05  4.408E-05  7.499E-05 -4.053E-05 -3.871E-05
9  86.00000  0.03558   5.399   8.480   -7.555   -6.714
      (STRAIN) -4.086E-05  4.658E-05  6.737E-05 -4.086E-05 -3.519E-05
9  96.00000  0.03510   4.959   6.664   -8.878   -6.586
      (STRAIN) -4.453E-05  4.887E-05  6.038E-05 -4.453E-05 -2.905E-05
9  96.00100  0.03510   4.959   7.300   -3.447   -3.104
      (STRAIN) -4.453E-05  6.432E-05  9.593E-05 -4.916E-05 -4.453E-05

```

```

POINT  VERTICAL  NORMAL X  NORMAL Y  SHEAR XY  SHEAR YZ  SHEAR XZ
      STRESS  STRESS  STRESS  STRESS  STRESS
NO.  COORDINATE (STRAIN) (STRAIN) (STRAIN) (STRAIN) (STRAIN)

```

```

1   0.00000  3.538E+02  3.502E+02  0.000E+00 -5.836E-07  0.000E+00
      (STRAIN) 4.884E-05  4.762E-05  0.000E+00 -3.939E-13  0.000E+00
1   2.00000  9.535E+02  8.598E+02  0.000E+00 -1.232E+01  0.000E+00
      (STRAIN) 9.445E-05  6.280E-05  0.000E+00 -8.313E-06  0.000E+00
1   4.00000  7.247E+02  6.612E+02  0.000E+00 -2.201E+01  0.000E+00
      (STRAIN) 5.882E-05  3.738E-05  0.000E+00 -1.486E-05  0.000E+00
1   4.00100  8.420E+02  7.453E+02  0.000E+00 -2.202E+01  0.000E+00
      (STRAIN) 5.880E-05  3.736E-05  0.000E+00 -9.760E-06  0.000E+00
1   8.00000  2.322E+02  2.260E+02  0.000E+00 -3.828E+01  0.000E+00
      (STRAIN) -3.261E-06 -4.636E-06  0.000E+00 -1.697E-05  0.000E+00
1  10.00000 -2.619E+01  1.052E+01  0.000E+00 -4.012E+01  0.000E+00
      (STRAIN) -2.766E-05 -1.952E-05  0.000E+00 -1.779E-05  0.000E+00
1  16.00000 -8.816E+02 -7.074E+02  0.000E+00 -2.136E+01  0.000E+00
      (STRAIN) -1.168E-04 -7.822E-05  0.000E+00 -9.472E-06  0.000E+00

```

|   |          |            |            |            |            |           |
|---|----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 1 | 16.00100 | 4.032E+00  | 1.833E+01  | 0.000E+00  | -2.136E+01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -1.168E-04 | -7.822E-05 | 0.000E+00  | -1.154E-04 | 0.000E+00 |
| 1 | 26.00000 | -7.896E+00 | 3.724E+00  | 0.000E+00  | -2.046E+01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -8.663E-05 | -5.526E-05 | 0.000E+00  | -1.105E-04 | 0.000E+00 |
| 1 | 36.00000 | -1.779E+01 | -9.373E+00 | 0.000E+00  | -1.722E+01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -7.357E-05 | -5.083E-05 | 0.000E+00  | -9.297E-05 | 0.000E+00 |
| 1 | 36.00100 | -1.779E+01 | -9.374E+00 | 0.000E+00  | -1.722E+01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -7.357E-05 | -5.083E-05 | 0.000E+00  | -9.297E-05 | 0.000E+00 |
| 1 | 46.00000 | -2.950E+01 | -2.295E+01 | 0.000E+00  | -1.284E+01 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -7.255E-05 | -5.487E-05 | 0.000E+00  | -6.932E-05 | 0.000E+00 |
| 1 | 56.00000 | -4.649E+01 | -3.952E+01 | 0.000E+00  | -7.027E+00 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -8.599E-05 | -6.716E-05 | 0.000E+00  | -3.795E-05 | 0.000E+00 |
| 1 | 56.00100 | -9.056E+00 | -6.267E+00 | 0.000E+00  | -7.027E+00 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -8.599E-05 | -6.716E-05 | 0.000E+00  | -9.486E-05 | 0.000E+00 |
| 1 | 66.00000 | -9.237E+00 | -7.357E+00 | 0.000E+00  | -5.404E+00 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -7.242E-05 | -5.973E-05 | 0.000E+00  | -7.296E-05 | 0.000E+00 |
| 1 | 76.00000 | -1.009E+01 | -8.753E+00 | 0.000E+00  | -4.132E+00 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -6.488E-05 | -5.586E-05 | 0.000E+00  | -5.578E-05 | 0.000E+00 |
| 1 | 86.00000 | -1.166E+01 | -1.061E+01 | 0.000E+00  | -3.037E+00 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -6.257E-05 | -5.545E-05 | 0.000E+00  | -4.100E-05 | 0.000E+00 |
| 1 | 96.00000 | -1.415E+01 | -1.314E+01 | 0.000E+00  | -1.935E+00 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -6.580E-05 | -5.897E-05 | 0.000E+00  | -2.613E-05 | 0.000E+00 |
| 1 | 96.00100 | -4.302E+00 | -3.796E+00 | 0.000E+00  | -1.935E+00 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -6.580E-05 | -5.897E-05 | 0.000E+00  | -5.226E-05 | 0.000E+00 |
| 2 | 0.00000  | 1.250E+02  | 1.286E+02  | 1.148E+00  | 7.782E-08  | 5.058E-07 |
|   | (STRAIN) | 1.789E-05  | 1.911E-05  | 7.747E-07  | 5.253E-14  | 3.414E-13 |
| 2 | 2.00000  | 5.726E+01  | 1.510E+02  | 3.477E+01  | -2.678E+00 | 1.499E+01 |
|   | (STRAIN) | 1.018E-06  | 3.267E-05  | 2.347E-05  | -1.807E-06 | 1.012E-05 |
| 2 | 4.00000  | 5.961E+01  | 1.231E+02  | 2.448E+01  | -4.946E+00 | 2.696E+01 |
|   | (STRAIN) | 3.850E-06  | 2.529E-05  | 1.653E-05  | -3.339E-06 | 1.820E-05 |
| 2 | 4.00100  | 8.369E+01  | 1.804E+02  | 3.727E+01  | -4.948E+00 | 2.696E+01 |
|   | (STRAIN) | 3.851E-06  | 2.529E-05  | 1.652E-05  | -2.194E-06 | 1.195E-05 |
| 2 | 8.00000  | 9.140E+01  | 9.761E+01  | 6.316E+00  | -9.442E+00 | 4.772E+01 |
|   | (STRAIN) | 9.252E-06  | 1.063E-05  | 2.800E-06  | -4.186E-06 | 2.116E-05 |
| 2 | 10.00000 | 9.325E+01  | 5.653E+01  | -8.741E+00 | -1.061E+01 | 5.072E+01 |
|   | (STRAIN) | 1.156E-05  | 3.426E-06  | -3.875E-06 | -4.702E-06 | 2.249E-05 |
| 2 | 16.00000 | 1.085E+02  | -6.560E+01 | -5.452E+01 | -9.812E+00 | 3.118E+01 |

```

(STRAIN) 2.035E-05 -1.825E-05 -2.417E-05 -4.350E-06 1.382E-05
2 16.00100 2.117E+01 6.868E+00 -4.478E+00 -9.814E+00 3.118E+01
(STRAIN) 2.035E-05 -1.825E-05 -2.418E-05 -5.300E-05 1.684E-04
2 26.00000 1.039E+01 -1.227E+00 -4.592E+00 -1.024E+01 3.070E+01
(STRAIN) 4.120E-06 -2.725E-05 -2.480E-05 -5.530E-05 1.658E-04
2 36.00000 -1.031E+00 -9.451E+00 -4.123E+00 -9.464E+00 2.668E+01
(STRAIN) -1.178E-05 -3.451E-05 -2.226E-05 -5.111E-05 1.441E-04
2 36.00100 -1.032E+00 -9.452E+00 -4.122E+00 -9.464E+00 2.668E+01
(STRAIN) -1.178E-05 -3.451E-05 -2.226E-05 -5.111E-05 1.441E-04
2 46.00000 -1.177E+01 -1.832E+01 -3.852E+00 -7.646E+00 2.048E+01
(STRAIN) -2.499E-05 -4.267E-05 -2.080E-05 -4.129E-05 1.106E-04
2 56.00000 -2.159E+01 -2.857E+01 -4.418E+00 -4.766E+00 1.179E+01
(STRAIN) -3.532E-05 -5.415E-05 -2.386E-05 -2.573E-05 6.368E-05
2 56.00100 -3.037E+00 -5.826E+00 -1.767E+00 -4.765E+00 1.179E+01
(STRAIN) -3.532E-05 -5.415E-05 -2.386E-05 -6.433E-05 1.592E-04
2 66.00000 -4.895E+00 -6.776E+00 -1.296E+00 -3.903E+00 9.307E+00
(STRAIN) -3.803E-05 -5.073E-05 -1.750E-05 -5.269E-05 1.256E-04
2 76.00000 -6.654E+00 -7.991E+00 -9.895E-01 -3.127E+00 7.259E+00
(STRAIN) -4.027E-05 -4.930E-05 -1.336E-05 -4.221E-05 9.799E-05
2 86.00000 -8.505E+00 -9.561E+00 -8.269E-01 -2.384E+00 5.421E+00
(STRAIN) -4.305E-05 -5.018E-05 -1.116E-05 -3.219E-05 7.319E-05
2 96.00000 -1.060E+01 -1.161E+01 -8.129E-01 -1.597E+00 3.532E+00
(STRAIN) -4.706E-05 -5.390E-05 -1.097E-05 -2.156E-05 4.768E-05
2 96.00100 -3.084E+00 -3.590E+00 -4.064E-01 -1.597E+00 3.532E+00
(STRAIN) -4.706E-05 -5.390E-05 -1.097E-05 -4.311E-05 9.537E-05

3 0.00000 5.302E+01 5.530E+01 5.200E-01 -7.743E-08 1.509E-07
(STRAIN) 7.783E-06 8.551E-06 3.510E-07 -5.227E-14 1.019E-13
3 2.00000 6.193E+00 7.254E+01 1.484E+01 -3.281E-01 1.638E+00
(STRAIN) -4.817E-06 1.758E-05 1.002E-05 -2.215E-07 1.106E-06
3 4.00000 1.362E+01 6.260E+01 1.112E+01 -6.220E-01 3.165E+00
(STRAIN) -2.089E-06 1.444E-05 7.507E-06 -4.198E-07 2.136E-06
3 4.00100 1.812E+01 9.268E+01 1.693E+01 -6.222E-01 3.166E+00
(STRAIN) -2.087E-06 1.444E-05 7.505E-06 -2.758E-07 1.404E-06
3 8.00000 4.039E+01 6.277E+01 5.568E+00 -1.494E+00 7.409E+00
(STRAIN) 3.243E-06 8.203E-06 2.468E-06 -6.623E-07 3.285E-06
3 10.00000 5.125E+01 4.788E+01 -4.915E-02 -1.912E+00 9.348E+00
(STRAIN) 5.854E-06 5.107E-06 -2.179E-08 -8.478E-07 4.144E-06

```

|   |          |            |            |            |            |           |
|---|----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 3 | 16.00000 | 8.344E+01  | 3.609E+00  | -1.669E+01 | -3.088E+00 | 1.445E+01 |
|   | (STRAIN) | 1.360E-05  | -4.093E-06 | -7.400E-06 | -1.369E-06 | 6.408E-06 |
| 3 | 16.00100 | 7.960E+00  | 1.405E+00  | -1.371E+00 | -3.088E+00 | 1.445E+01 |
|   | (STRAIN) | 1.360E-05  | -4.093E-06 | -7.401E-06 | -1.667E-05 | 7.805E-05 |
| 3 | 26.00000 | 6.033E+00  | -2.584E+00 | -1.904E+00 | -3.256E+00 | 1.529E+01 |
|   | (STRAIN) | 1.164E-05  | -1.163E-05 | -1.028E-05 | -1.758E-05 | 8.255E-05 |
| 3 | 36.00000 | 3.102E+00  | -6.769E+00 | -2.285E+00 | -3.177E+00 | 1.486E+01 |
|   | (STRAIN) | 7.792E-06  | -1.886E-05 | -1.234E-05 | -1.716E-05 | 8.026E-05 |
| 3 | 36.00100 | 3.101E+00  | -6.769E+00 | -2.285E+00 | -3.177E+00 | 1.486E+01 |
|   | (STRAIN) | 7.791E-06  | -1.886E-05 | -1.234E-05 | -1.716E-05 | 8.026E-05 |
| 3 | 46.00000 | 8.244E-02  | -1.120E+01 | -2.700E+00 | -2.803E+00 | 1.297E+01 |
|   | (STRAIN) | 4.151E-06  | -2.630E-05 | -1.458E-05 | -1.513E-05 | 7.005E-05 |
| 3 | 56.00000 | -2.037E+00 | -1.592E+01 | -3.357E+00 | -2.139E+00 | 9.635E+00 |
|   | (STRAIN) | 2.931E-06  | -3.455E-05 | -1.813E-05 | -1.155E-05 | 5.203E-05 |
| 3 | 56.00100 | 1.095E+00  | -4.458E+00 | -1.343E+00 | -2.139E+00 | 9.635E+00 |
|   | (STRAIN) | 2.929E-06  | -3.455E-05 | -1.813E-05 | -2.888E-05 | 1.301E-04 |
| 3 | 66.00000 | -6.341E-01 | -5.220E+00 | -1.135E+00 | -1.912E+00 | 8.521E+00 |
|   | (STRAIN) | -4.209E-06 | -3.517E-05 | -1.532E-05 | -2.582E-05 | 1.150E-04 |
| 3 | 76.00000 | -2.219E+00 | -6.126E+00 | -9.880E-01 | -1.649E+00 | 7.276E+00 |
|   | (STRAIN) | -1.009E-05 | -3.646E-05 | -1.334E-05 | -2.226E-05 | 9.822E-05 |
| 3 | 86.00000 | -3.637E+00 | -7.202E+00 | -9.171E-01 | -1.347E+00 | 5.886E+00 |
|   | (STRAIN) | -1.468E-05 | -3.875E-05 | -1.238E-05 | -1.819E-05 | 7.946E-05 |
| 3 | 96.00000 | -4.845E+00 | -8.484E+00 | -9.426E-01 | -9.985E-01 | 4.298E+00 |
|   | (STRAIN) | -1.778E-05 | -4.234E-05 | -1.272E-05 | -1.348E-05 | 5.802E-05 |
| 3 | 96.00100 | -1.131E+00 | -2.950E+00 | -4.713E-01 | -9.984E-01 | 4.298E+00 |
|   | (STRAIN) | -1.778E-05 | -4.234E-05 | -1.272E-05 | -2.696E-05 | 1.160E-04 |
|   |          |            |            |            |            |           |
| 4 | 0.00000  | 3.884E+02  | 3.798E+02  | 0.000E+00  | -5.537E-06 | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | 5.411E-05  | 5.119E-05  | 0.000E+00  | -3.737E-12 | 0.000E+00 |
| 4 | 2.00000  | 8.437E+02  | 6.582E+02  | 0.000E+00  | 1.247E+02  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | 9.080E-05  | 2.819E-05  | 0.000E+00  | 8.418E-05  | 0.000E+00 |
| 4 | 4.00000  | 6.163E+02  | 5.294E+02  | 0.000E+00  | 2.090E+02  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | 5.783E-05  | 2.852E-05  | 0.000E+00  | 1.411E-04  | 0.000E+00 |
| 4 | 4.00100  | 7.336E+02  | 6.014E+02  | 0.000E+00  | 2.091E+02  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | 5.781E-05  | 2.852E-05  | 0.000E+00  | 9.268E-05  | 0.000E+00 |
| 4 | 8.00000  | 1.930E+02  | 2.403E+02  | 0.000E+00  | 1.975E+02  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -9.065E-07 | 9.577E-06  | 0.000E+00  | 8.756E-05  | 0.000E+00 |
| 4 | 10.00000 | -3.787E+01 | 6.805E+01  | 0.000E+00  | 1.686E+02  | 0.000E+00 |

```

      (STRAIN) -2.568E-05 -2.205E-06 0.000E+00 7.476E-05 0.000E+00
4  16.00000 -8.008E+02 -4.661E+02 0.000E+00 5.948E+00 0.000E+00
      (STRAIN) -1.159E-04 -4.171E-05 0.000E+00 2.637E-06 0.000E+00
4  16.00100 4.739E+00 3.222E+01 0.000E+00 5.940E+00 0.000E+00
      (STRAIN) -1.159E-04 -4.171E-05 0.000E+00 3.208E-05 0.000E+00
4  26.00000 -8.006E+00 7.167E+00 0.000E+00 -6.529E+00 0.000E+00
      (STRAIN) -9.090E-05 -4.993E-05 0.000E+00 -3.525E-05 0.000E+00
4  36.00000 -1.850E+01 -9.795E+00 0.000E+00 -8.021E+00 0.000E+00
      (STRAIN) -7.759E-05 -5.410E-05 0.000E+00 -4.331E-05 0.000E+00
4  36.00100 -1.850E+01 -9.797E+00 0.000E+00 -8.021E+00 0.000E+00
      (STRAIN) -7.759E-05 -5.410E-05 0.000E+00 -4.331E-05 0.000E+00
4  46.00000 -3.082E+01 -2.506E+01 0.000E+00 -6.490E+00 0.000E+00
      (STRAIN) -7.589E-05 -6.035E-05 0.000E+00 -3.505E-05 0.000E+00
4  56.00000 -4.884E+01 -4.311E+01 0.000E+00 -3.641E+00 0.000E+00
      (STRAIN) -8.960E-05 -7.414E-05 0.000E+00 -1.966E-05 0.000E+00
4  56.00100 -9.335E+00 -7.045E+00 0.000E+00 -3.641E+00 0.000E+00
      (STRAIN) -8.960E-05 -7.414E-05 0.000E+00 -4.915E-05 0.000E+00
4  66.00000 -9.472E+00 -8.017E+00 0.000E+00 -2.812E+00 0.000E+00
      (STRAIN) -7.486E-05 -6.504E-05 0.000E+00 -3.797E-05 0.000E+00
4  76.00000 -1.032E+01 -9.332E+00 0.000E+00 -2.148E+00 0.000E+00
      (STRAIN) -6.662E-05 -5.995E-05 0.000E+00 -2.900E-05 0.000E+00
4  86.00000 -1.193E+01 -1.118E+01 0.000E+00 -1.574E+00 0.000E+00
      (STRAIN) -6.395E-05 -5.886E-05 0.000E+00 -2.125E-05 0.000E+00
4  96.00000 -1.451E+01 -1.380E+01 0.000E+00 -9.976E-01 0.000E+00
      (STRAIN) -6.713E-05 -6.232E-05 0.000E+00 -1.347E-05 0.000E+00
4  96.00100 -4.374E+00 -4.018E+00 0.000E+00 -9.976E-01 0.000E+00
      (STRAIN) -6.713E-05 -6.232E-05 0.000E+00 -2.694E-05 0.000E+00

5  0.00000 1.307E+02 1.346E+02 4.744E-01 2.741E-07 1.108E-06
      (STRAIN) 1.869E-05 1.998E-05 3.202E-07 1.850E-13 7.478E-13
5  2.00000 5.758E+01 1.609E+02 1.627E+01 -8.812E-01 1.575E+01
      (STRAIN) 2.343E-07 3.512E-05 1.098E-05 -5.948E-07 1.063E-05
5  4.00000 6.027E+01 1.309E+02 1.164E+01 -1.648E+00 2.827E+01
      (STRAIN) 3.309E-06 2.716E-05 7.857E-06 -1.112E-06 1.908E-05
5  4.00100 8.433E+01 1.919E+02 1.772E+01 -1.649E+00 2.828E+01
      (STRAIN) 3.311E-06 2.715E-05 7.856E-06 -7.309E-07 1.254E-05
5  8.00000 9.341E+01 1.028E+02 3.679E+00 -3.404E+00 5.008E+01
      (STRAIN) 9.246E-06 1.133E-05 1.631E-06 -1.509E-06 2.220E-05

```



5 10.00000 9.590E+01 5.846E+01 -3.273E+00 -4.004E+00 5.329E+01  
 (STRAIN) 1.182E-05 3.525E-06 -1.451E-06 -1.775E-06 2.363E-05  
 5 16.00000 1.129E+02 -7.254E+01 -2.362E+01 -4.798E+00 3.308E+01  
 (STRAIN) 2.135E-05 -1.976E-05 -1.047E-05 -2.127E-06 1.466E-05  
 5 16.00100 2.253E+01 7.309E+00 -1.940E+00 -4.797E+00 3.308E+01  
 (STRAIN) 2.134E-05 -1.977E-05 -1.048E-05 -2.590E-05 1.786E-04  
 5 26.00000 1.141E+01 -1.607E+00 -2.224E+00 -5.168E+00 3.274E+01  
 (STRAIN) 4.994E-06 -3.015E-05 -1.201E-05 -2.791E-05 1.768E-04  
 5 36.00000 -5.937E-01 -1.047E+01 -2.100E+00 -4.877E+00 2.847E+01  
 (STRAIN) -1.145E-05 -3.811E-05 -1.134E-05 -2.633E-05 1.537E-04  
 5 36.00100 -5.949E-01 -1.047E+01 -2.100E+00 -4.877E+00 2.846E+01  
 (STRAIN) -1.145E-05 -3.811E-05 -1.134E-05 -2.633E-05 1.537E-04  
 5 46.00000 -1.192E+01 -1.992E+01 -2.002E+00 -3.975E+00 2.179E+01  
 (STRAIN) -2.516E-05 -4.675E-05 -1.081E-05 -2.147E-05 1.177E-04  
 5 56.00000 -2.225E+01 -3.091E+01 -2.308E+00 -2.479E+00 1.242E+01  
 (STRAIN) -3.574E-05 -5.913E-05 -1.246E-05 -1.339E-05 6.709E-05  
 5 56.00100 -2.956E+00 -6.421E+00 -9.230E-01 -2.479E+00 1.242E+01  
 (STRAIN) -3.574E-05 -5.913E-05 -1.246E-05 -3.347E-05 1.677E-04  
 5 66.00000 -4.902E+00 -7.282E+00 -6.760E-01 -2.028E+00 9.752E+00  
 (STRAIN) -3.857E-05 -5.463E-05 -9.126E-06 -2.738E-05 1.316E-04  
 5 76.00000 -6.727E+00 -8.447E+00 -5.143E-01 -1.621E+00 7.569E+00  
 (STRAIN) -4.083E-05 -5.244E-05 -6.944E-06 -2.189E-05 1.022E-04  
 5 86.00000 -8.640E+00 -1.001E+01 -4.278E-01 -1.233E+00 5.628E+00  
 (STRAIN) -4.363E-05 -5.291E-05 -5.776E-06 -1.664E-05 7.598E-05  
 5 96.00000 -1.080E+01 -1.213E+01 -4.197E-01 -8.214E-01 3.643E+00  
 (STRAIN) -4.766E-05 -5.662E-05 -5.666E-06 -1.109E-05 4.918E-05  
 5 96.00100 -3.110E+00 -3.773E+00 -2.099E-01 -8.214E-01 3.643E+00  
 (STRAIN) -4.766E-05 -5.662E-05 -5.666E-06 -2.218E-05 9.836E-05  
  
 6 0.00000 5.434E+01 5.682E+01 2.705E-01 -1.235E-07 -2.042E-07  
 (STRAIN) 7.959E-06 8.793E-06 1.826E-07 -8.337E-14 -1.378E-13  
 6 2.00000 3.923E+00 7.623E+01 7.751E+00 -1.710E-01 1.727E+00  
 (STRAIN) -5.730E-06 1.867E-05 5.232E-06 -1.154E-07 1.166E-06  
 6 4.00000 1.221E+01 6.548E+01 5.790E+00 -3.197E-01 3.331E+00  
 (STRAIN) -2.697E-06 1.528E-05 3.908E-06 -2.158E-07 2.249E-06  
 6 4.00100 1.592E+01 9.700E+01 8.814E+00 -3.198E-01 3.332E+00  
 (STRAIN) -2.695E-06 1.528E-05 3.907E-06 -1.418E-07 1.477E-06  
 6 8.00000 4.054E+01 6.467E+01 2.872E+00 -7.698E-01 7.776E+00

```

        (STRAIN) 3.160E-06 8.507E-06 1.273E-06 -3.413E-07 3.447E-06
6   10.00000 5.255E+01 4.858E+01 -6.453E-02 -9.863E-01 9.799E+00
        (STRAIN) 6.026E-06 5.147E-06 -2.861E-08 -4.373E-07 4.344E-06
6   16.00000 8.808E+01 7.314E-01 -8.764E+00 -1.599E+00 1.507E+01
        (STRAIN) 1.453E-05 -4.836E-06 -3.885E-06 -7.090E-07 6.683E-06
6   16.00100 8.420E+00 1.248E+00 -7.196E-01 -1.599E+00 1.507E+01
        (STRAIN) 1.453E-05 -4.837E-06 -3.886E-06 -8.637E-06 8.140E-05
6   26.00000 6.487E+00 -2.913E+00 -9.957E-01 -1.688E+00 1.596E+01
        (STRAIN) 1.264E-05 -1.274E-05 -5.377E-06 -9.117E-06 8.621E-05
6   36.00000 3.462E+00 -7.265E+00 -1.190E+00 -1.648E+00 1.552E+01
        (STRAIN) 8.697E-06 -2.027E-05 -6.426E-06 -8.897E-06 8.378E-05
6   36.00100 3.462E+00 -7.266E+00 -1.190E+00 -1.648E+00 1.552E+01
        (STRAIN) 8.696E-06 -2.027E-05 -6.426E-06 -8.897E-06 8.378E-05
6   46.00000 3.441E-01 -1.188E+01 -1.403E+00 -1.452E+00 1.351E+01
        (STRAIN) 4.975E-06 -2.803E-05 -7.574E-06 -7.839E-06 7.298E-05
6   56.00000 -1.805E+00 -1.684E+01 -1.743E+00 -1.104E+00 9.979E+00
        (STRAIN) 3.865E-06 -3.672E-05 -9.410E-06 -5.959E-06 5.389E-05
6   56.00100 1.267E+00 -4.745E+00 -6.969E-01 -1.104E+00 9.978E+00
        (STRAIN) 3.861E-06 -3.672E-05 -9.408E-06 -1.490E-05 1.347E-04
6   66.00000 -5.322E-01 -5.485E+00 -5.871E-01 -9.849E-01 8.803E+00
        (STRAIN) -3.614E-06 -3.704E-05 -7.926E-06 -1.330E-05 1.188E-04
6   76.00000 -2.173E+00 -6.380E+00 -5.092E-01 -8.477E-01 7.500E+00
        (STRAIN) -9.734E-06 -3.813E-05 -6.875E-06 -1.144E-05 1.013E-04
6   86.00000 -3.634E+00 -7.465E+00 -4.712E-01 -6.912E-01 6.052E+00
        (STRAIN) -1.447E-05 -4.032E-05 -6.361E-06 -9.331E-06 8.170E-05
6   96.00000 -4.872E+00 -8.778E+00 -4.837E-01 -5.105E-01 4.401E+00
        (STRAIN) -1.761E-05 -4.397E-05 -6.529E-06 -6.892E-06 5.941E-05
6   96.00100 -1.112E+00 -3.065E+00 -2.418E-01 -5.105E-01 4.401E+00
        (STRAIN) -1.761E-05 -4.397E-05 -6.529E-06 -1.378E-05 1.188E-04

7   0.00000 2.559E+02 2.510E+02 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
        (STRAIN) 3.668E-05 3.502E-05 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
7   2.00000 5.280E+02 3.775E+02 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
        (STRAIN) 9.891E-05 4.809E-05 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
7   4.00000 3.905E+02 3.333E+02 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
        (STRAIN) 6.716E-05 4.785E-05 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
7   4.00100 5.658E+02 4.787E+02 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
        (STRAIN) 6.714E-05 4.785E-05 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00

```

|   |          |            |            |            |            |           |
|---|----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 7 | 8.00000  | 1.592E+02  | 2.792E+02  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | 7.245E-06  | 3.384E-05  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 10.00000 | -3.835E+01 | 1.422E+02  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -1.951E-05 | 2.052E-05  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 16.00000 | -6.806E+02 | -2.030E+02 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -1.093E-04 | -3.365E-06 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 16.00100 | 5.351E+00  | 4.457E+01  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -1.092E-04 | -3.371E-06 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 26.00000 | -7.983E+00 | 1.022E+01  | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -9.128E-05 | -4.212E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 36.00000 | -1.879E+01 | -9.544E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -7.886E-05 | -5.389E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 36.00100 | -1.879E+01 | -9.546E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -7.886E-05 | -5.389E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 46.00000 | -3.139E+01 | -2.580E+01 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -7.717E-05 | -6.208E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 56.00000 | -4.980E+01 | -4.447E+01 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -9.106E-05 | -7.667E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 56.00100 | -9.497E+00 | -7.364E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -9.106E-05 | -7.667E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 66.00000 | -9.641E+00 | -8.330E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -7.601E-05 | -6.716E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 76.00000 | -1.051E+01 | -9.642E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -6.760E-05 | -6.174E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 86.00000 | -1.215E+01 | -1.151E+01 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -6.487E-05 | -6.049E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 96.00000 | -1.478E+01 | -1.418E+01 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -6.809E-05 | -6.399E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 7 | 96.00100 | -4.471E+00 | -4.167E+00 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
|   | (STRAIN) | -6.809E-05 | -6.399E-05 | 0.000E+00  | 0.000E+00  | 0.000E+00 |
| 8 | 0.00000  | 1.324E+02  | 1.361E+02  | -7.095E-09 | -1.268E-14 | 1.348E-06 |
|   | (STRAIN) | 1.894E-05  | 2.019E-05  | -4.789E-15 | -8.560E-21 | 9.102E-13 |
| 8 | 2.00000  | 5.818E+01  | 1.626E+02  | 7.534E-07  | 4.514E-08  | 1.563E+01 |
|   | (STRAIN) | 2.330E-07  | 3.547E-05  | 5.086E-13  | 3.047E-14  | 1.055E-05 |
| 8 | 4.00000  | 6.077E+01  | 1.325E+02  | 3.244E-07  | -1.838E-07 | 2.816E+01 |
|   | (STRAIN) | 3.292E-06  | 2.749E-05  | 2.190E-13  | -1.241E-13 | 1.901E-05 |
| 8 | 4.00100  | 8.499E+01  | 1.941E+02  | 1.689E-06  | -1.510E-07 | 2.817E+01 |

```

      (STRAIN) 3.294E-06 2.749E-05 7.488E-13 -6.695E-14 1.249E-05
8      8.00000 9.377E+01 1.047E+02 -7.913E-08 1.756E-07 4.999E+01
      (STRAIN) 9.189E-06 1.161E-05 -3.508E-14 7.786E-14 2.216E-05
8     10.00000 9.616E+01 6.003E+01 -3.632E-07 -1.585E-07 5.325E+01
      (STRAIN) 1.176E-05 3.750E-06 -1.610E-13 -7.026E-14 2.361E-05
8     16.00000 1.126E+02 -7.110E+01 -5.899E-07 1.940E-07 3.358E+01
      (STRAIN) 2.118E-05 -1.953E-05 -2.615E-13 8.600E-14 1.489E-05
8     16.00100 2.281E+01 7.707E+00 1.170E-07 -6.025E-08 3.357E+01
      (STRAIN) 2.128E-05 -1.951E-05 6.321E-13 -3.254E-13 1.813E-04
8     26.00000 1.167E+01 -1.606E+00 -1.022E-07 -4.382E-07 3.335E+01
      (STRAIN) 5.088E-06 -3.075E-05 -5.521E-13 -2.366E-12 1.801E-04
8     36.00000 -4.700E-01 -1.077E+01 1.016E-07 -1.565E-07 2.904E+01
      (STRAIN) -1.140E-05 -3.919E-05 5.488E-13 -8.452E-13 1.568E-04
8     36.00100 -4.712E-01 -1.077E+01 -8.910E-08 -1.804E-07 2.904E+01
      (STRAIN) -1.140E-05 -3.919E-05 -4.811E-13 -9.744E-13 1.568E-04
8     46.00000 -1.197E+01 -2.045E+01 -7.049E-08 1.022E-07 2.224E+01
      (STRAIN) -2.523E-05 -4.811E-05 -3.806E-13 5.519E-13 1.201E-04
8     56.00000 -2.248E+01 -3.172E+01 4.473E-08 7.022E-08 1.264E+01
      (STRAIN) -3.588E-05 -6.083E-05 2.415E-13 3.792E-13 6.826E-05
8     56.00100 -2.928E+00 -6.624E+00 5.604E-08 8.491E-08 1.264E+01
      (STRAIN) -3.588E-05 -6.083E-05 7.565E-13 1.146E-12 1.706E-04
8     66.00000 -4.904E+00 -7.457E+00 -9.586E-09 -7.449E-08 9.905E+00
      (STRAIN) -3.875E-05 -5.598E-05 -1.294E-13 -1.006E-12 1.337E-04
8     76.00000 -6.751E+00 -8.603E+00 -7.894E-09 5.434E-08 7.675E+00
      (STRAIN) -4.102E-05 -5.352E-05 -1.066E-13 7.336E-13 1.036E-04
8     86.00000 -8.685E+00 -1.017E+01 -1.242E-08 2.326E-08 5.699E+00
      (STRAIN) -4.382E-05 -5.385E-05 -1.676E-13 3.140E-13 7.694E-05
8     96.00000 -1.087E+01 -1.230E+01 7.310E-09 2.833E-08 3.681E+00
      (STRAIN) -4.787E-05 -5.755E-05 9.868E-14 3.825E-13 4.970E-05
8     96.00100 -3.118E+00 -3.836E+00 3.656E-09 2.132E-08 3.681E+00
      (STRAIN) -4.787E-05 -5.755E-05 9.870E-14 5.756E-13 9.939E-05

9      0.00000 5.480E+01 5.733E+01 9.097E-09 -6.460E-16 -3.571E-07
      (STRAIN) 8.019E-06 8.876E-06 6.141E-15 -4.360E-22 -2.411E-13
9      2.00000 3.127E+00 7.750E+01 3.216E-07 -7.288E-10 1.755E+00
      (STRAIN) -6.050E-06 1.905E-05 2.171E-13 -4.919E-16 1.185E-06
9      4.00000 1.172E+01 6.646E+01 -7.971E-08 6.780E-09 3.387E+00
      (STRAIN) -2.907E-06 1.557E-05 -5.380E-14 4.577E-15 2.286E-06

```

|   |          |            |            |            |            |           |
|---|----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| 9 | 4.00100  | 1.515E+01  | 9.848E+01  | 2.035E-07  | 1.093E-08  | 3.388E+00 |
|   | (STRAIN) | -2.905E-06 | 1.557E-05  | 9.020E-14  | 4.847E-15  | 1.502E-06 |
| 9 | 8.00000  | 4.059E+01  | 6.532E+01  | 1.110E-07  | -4.373E-09 | 7.905E+00 |
|   | (STRAIN) | 3.132E-06  | 8.612E-06  | 4.923E-14  | -1.939E-15 | 3.505E-06 |
| 9 | 10.00000 | 5.299E+01  | 4.882E+01  | -4.311E-10 | -1.813E-08 | 9.953E+00 |
|   | (STRAIN) | 6.085E-06  | 5.160E-06  | -1.911E-16 | -8.039E-15 | 4.413E-06 |
| 9 | 16.00000 | 8.970E+01  | -2.496E-01 | -3.381E-07 | -1.707E-08 | 1.529E+01 |
|   | (STRAIN) | 1.485E-05  | -5.091E-06 | -1.499E-13 | -7.566E-15 | 6.779E-06 |
| 9 | 16.00100 | 8.579E+00  | 1.195E+00  | -3.483E-09 | 7.956E-09  | 1.529E+01 |
|   | (STRAIN) | 1.485E-05  | -5.092E-06 | -1.881E-14 | 4.296E-14  | 8.257E-05 |
| 9 | 26.00000 | 6.643E+00  | -3.026E+00 | -2.537E-09 | -1.152E-07 | 1.620E+01 |
|   | (STRAIN) | 1.298E-05  | -1.312E-05 | -1.370E-14 | -6.222E-13 | 8.747E-05 |
| 9 | 36.00000 | 3.588E+00  | -7.436E+00 | -1.160E-08 | -1.152E-08 | 1.574E+01 |
|   | (STRAIN) | 9.013E-06  | -2.075E-05 | -6.266E-14 | -6.220E-14 | 8.499E-05 |
| 9 | 36.00100 | 3.588E+00  | -7.436E+00 | -4.667E-08 | -1.163E-08 | 1.574E+01 |
|   | (STRAIN) | 9.012E-06  | -2.075E-05 | -2.520E-13 | -6.278E-14 | 8.499E-05 |
| 9 | 46.00000 | 4.349E-01  | -1.212E+01 | -4.374E-08 | -2.313E-08 | 1.370E+01 |
|   | (STRAIN) | 5.260E-06  | -2.863E-05 | -2.362E-13 | -1.249E-13 | 7.399E-05 |
| 9 | 56.00000 | -1.724E+00 | -1.715E+01 | 2.026E-08  | -1.683E-08 | 1.010E+01 |
|   | (STRAIN) | 4.189E-06  | -3.747E-05 | 1.094E-13  | -9.086E-14 | 5.452E-05 |
| 9 | 56.00100 | 1.327E+00  | -4.845E+00 | -1.363E-08 | -2.432E-08 | 1.010E+01 |
|   | (STRAIN) | 4.185E-06  | -3.747E-05 | -1.840E-13 | -3.283E-13 | 1.363E-04 |
| 9 | 66.00000 | -4.968E-01 | -5.576E+00 | -1.995E-08 | 1.437E-08  | 8.900E+00 |
|   | (STRAIN) | -3.407E-06 | -3.769E-05 | -2.693E-13 | 1.940E-13  | 1.202E-04 |
| 9 | 76.00000 | -2.157E+00 | -6.468E+00 | -9.082E-09 | -2.510E-08 | 7.577E+00 |
|   | (STRAIN) | -9.610E-06 | -3.871E-05 | -1.226E-13 | -3.388E-13 | 1.023E-04 |
| 9 | 86.00000 | -3.633E+00 | -7.555E+00 | -4.461E-09 | -9.838E-09 | 6.109E+00 |
|   | (STRAIN) | -1.439E-05 | -4.086E-05 | -6.022E-14 | -1.328E-13 | 8.247E-05 |
| 9 | 96.00000 | -4.881E+00 | -8.878E+00 | 2.971E-08  | 9.417E-09  | 4.436E+00 |
|   | (STRAIN) | -1.755E-05 | -4.453E-05 | 4.010E-13  | 1.271E-13  | 5.989E-05 |
| 9 | 96.00100 | -1.106E+00 | -3.104E+00 | -1.144E-08 | -1.377E-08 | 4.436E+00 |
|   | (STRAIN) | -1.755E-05 | -4.453E-05 | -3.090E-13 | -3.718E-13 | 1.198E-04 |

#### 8.4.4 Código de ANSYS para la sección 3121

|   |                  |
|---|------------------|
| /Clear  | L,2,13           |
| !Cambiar unidad angular a grados                            | L,1,2            |
| *Afun,DEG   | L,1,4            |
| !Cambiar vista  | AL,3,9,10,11,12  |
| /VIEW,1,-0.6,-0.6,0.6                                       | L,6,11           |
| /ANG,1,49.1947236060  | L,5,6            |
| /REP,FAST   | L,4,5            |
| ! Para tomar capturas, se cambia a blanco el color de fondo | AL,2,9,13,14,15  |
| /RGB,INDEX,100,100,100, 0                                   | L,6,9            |
| /RGB,INDEX, 80, 80, 80,13                                   | L,9,8            |
| /RGB,INDEX, 60, 60, 60,14                                   | L,8,10           |
| /RGB,INDEX, 0, 0, 0,15                                      | AL,1,13,16,17,18 |
| /PREP7  | L,2,7            |
| !-----GEOMETRÍA-----  | L,7,8            |
| !Keypoints capas  | AL,4,10,18,19,20 |
| K,1,0,0,2   | VOFFST,1,-0.04   |
| K,2,0.1875,0,2  | VOFFST,2,-0.04   |
| K,3,0.1875,2,2  | VOFFST,3,-0.04   |
| K,4,0,2,2   | VOFFST,4,-0.04   |
| K,5,0,4,2   | VOFFST,5,0.04    |
| K,6,0.1875,4,2  | VOFFST,6,0.04    |
| K,7,2,0,2   | VOFFST,7,0.04    |
| K,8,2,2,2   | VOFFST,8,0.04    |
| K,9,2,4,2   | VOFFST,9,-0.12   |
| !Disco de carga   | VOFFST,13,-0.12  |
| CIRCLE,3,0.1135   | VOFFST,17,-0.12  |
| L,3,10  | VOFFST,21,-0.12  |
| L,3,11  | VOFFST,25,0.12   |
| L,3,12  | VOFFST,31,0.12   |
| L,3,13  | VOFFST,37,0.12   |
| AL,1,5,6  | VOFFST,43,0.12   |
| AL,2,6,7  | VOFFST,49,-0.40  |
| AL,3,7,8  | VOFFST,53,-0.40  |
| AL,4,8,5  | VOFFST,57,-0.40  |
| L,4,12  | VOFFST,61,-0.40  |
|   | VOFFST,65,0.40   |

|                         |                               |
|-------------------------|-------------------------------|
| VOFFST,71,0.40          | MP,EX,4,5e8                   |
| VOFFST,77,0.40          | MP,PRXY,4,0.35                |
| VOFFST,83,0.40          | !S. Unidades en N,kg,m        |
| VOFFST,89,-0.40         | MP,EX,5,6e9                   |
| VOFFST,93,-0.40         | MP,PRXY,5,0.33                |
| VOFFST,97,-0.40         | !PA. Unidades en N,kg,m       |
| VOFFST,101,-0.40        | MP,EX,6,4e9                   |
| VOFFST,105,0.40         | MP,PRXY,6,0.35                |
| VOFFST,111,0.40         | !Definimos Element types      |
| VOFFST,117,0.40         | ET,1,SOLID186 !Elemento firme |
| VOFFST,123,0.40         | !-----MALLADO-----            |
| VOFFST,129,-0.60        | !Atributos de mallado         |
| VOFFST,133,-0.60        | DIV=0.2                       |
| VOFFST,137,-0.60        | !IN                           |
| VOFFST,141,-0.60        | VSEL,S,VOLU,,41,48            |
| VOFFST,145,0.60         | VATT,1,,1                     |
| VOFFST,151,0.60         | ESIZE,DIV                     |
| VOFFST,157,0.60         | !1                            |
| VOFFST,163,0.60         | VSEL,S,VOLU,,33,40            |
| VOFFST,169,-0.44        | VATT,2,,1                     |
| VOFFST,173,-0.44        | ESIZE,DIV                     |
| VOFFST,177,-0.44        | !3                            |
| VOFFST,181,-0.44        | VSEL,S,VOLU,,25,32            |
| VOFFST,185,0.44         | VATT,3,,1                     |
| VOFFST,191,0.44         | ESIZE,DIV                     |
| VOFFST,197,0.44         | !ZA                           |
| VOFFST,203,0.44         | VSEL,S,VOLU,,17,24            |
| !-----MATERIALES-----   | VATT,4,,1                     |
| !IN. Unidades en N,kg,m | ESIZE,DIV                     |
| MP,EX,1,3e7             | !S                            |
| MP,PRXY,1,0.35          | VSEL,S,VOLU,,9,16             |
| !1. Unidades en N,kg,m  | VATT,5,,1                     |
| MP,EX,2,1e8             | ESIZE,DIV                     |
| MP,PRXY,2,0.35          | !PA                           |
| !3. Unidades en N,kg,m  | VSEL,S,VOLU,,1,8              |
| MP,EX,3,2e8             | VATT,6,,1                     |
| MP,PRXY,3,0.35          | ESIZE,DIV                     |
| !ZA. Unidades en N,kg,m | LSEL,S,LINE,,1,8              |

```

*DO,I,0,5,1
LSEL,A,LINE,,21+64*I,39+64*I,6
LSEL,A,LINE,,22+64*I,34+64*I,6
LSEL,A,LINE,,23+64*I
*ENDDO
LESIZE,ALL,,2
LSEL,S,LINE,,24,26
*DO,I,0,5,1
LSEL,A,LINE,,24+64*I,26+64*I
*ENDDO
LSEL,A,LINE,,52,54
*DO,I,1,5,1
LSEL,A,LINE,,52+64*I,54+64*I
*ENDDO
LSEL,A,LINE,,63,64
*DO,I,1,5,1
LSEL,A,LINE,,63+64*I,64+64*I
*ENDDO
LSEL,A,LINE,,73,74
*DO,I,1,5,1
LSEL,A,LINE,,73+64*I,74+64*I
*ENDDO
LSEL,A,LINE,,31
*DO,I,1,5,1
LSEL,A,LINE,,31+64*I
*ENDDO
LSEL,A,LINE,,37
*DO,I,1,5,1
LSEL,A,LINE,,37+64*I
*ENDDO
LSEL,A,LINE,,83
*DO,I,1,5,1
LSEL,A,LINE,,83+64*I
*ENDDO
LESIZE,ALL,0.1
ALLSEL
VSWEEP,ALL
ALLSEL

NUMMRG,ALL
NUMMRG,ALL
!-----
! Cargas
!-----
DA,209,ALL,0
DA,213,ALL,0
DA,217,ALL,0
DA,221,ALL,0
DA,225,ALL,0
DA,231,ALL,0
DA,237,ALL,0
DA,243,ALL,0
I=0
*DO,I,0,5,1
DA,29+40*I,SYMM
DA,34+40*I,SYMM
*ENDDO
I=0
*DO,I,0,5,1
DA,28+40*I,UX,0
DA,28+40*I,UY,0
DA,47+40*I,UX,0
DA,47+40*I,UY,0
DA,46+40*I,UX,0
DA,46+40*I,UY,0
DA,41+40*I,UX,0
DA,41+40*I,UY,0
DA,40+40*I,UX,0
DA,40+40*I,UY,0
*ENDDO
presion=8e5 !N/m2
ASEL,S,AREA,,1,4
NSLA,S,1
SF,ALL,PRES,presion
ALLSEL
finish

```



!-----

! Solucionador

!-----

/solu

!ANTYPE,2

solve

finish